

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ
ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Ανθρακικό αποτύπωμα μονάδων ανοιχτής και μικτής εκτροφής
σαλιγκαριών»**

Αθηνά Δοξαριώτη

ΒΟΛΟΣ 2018

«Ανθρακικό αποτύπωμα μονάδων ανοιχτής και μικτής εκτροφής σαλιγκαριών»

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή :

1) Μαριάνθη Χατζηιωάννου, Επίκουρη Καθηγήτρια, Εκτροφή Σαλγκαριών και Βατράχων, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Επιβλέπουσα***,

2) Αθανάσιος Εξαδάκτυλος, Αναπληρωτής Καθηγητής, Γενετική Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Μέλος***,

3) Κωνσταντίνος Κόκκινος, Π.Δ. 407, Επιστημονικός Συνεργάτης Τμήματος Πληροφορικής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, ***Μέλος***.

***Στα παιδιά μου,
στην οικογένειά μου.***

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με τη διεκπεραίωση της παρούσας Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες σε όλους τους ανθρώπους που συνέβαλαν ουσιαστικά, άμεσα ή έμμεσα, στην ολοκλήρωση της.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια κα. **Μαριάνθη Χατζηιωάννου**, Επίκουρη Καθηγήτρια του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, που μου έδωσε τη δυνατότητα να ασχοληθώ και να διευρύνω τις γνώσεις μου μέσα από ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα. Θερμές ευχαριστίες για την πολύτιμη συμβολή, διαρκή καθοδήγηση, υπομονή και υποστήριξη για τη διεξαγωγή της έρευνας και τη συγγραφή της παρούσας εργασίας.

Σημαντική συνεισφορά αποτέλεσε η άμεση και ανιδιοτελής βοήθεια του κ. **Κωνσταντίνου Κόκκινου**, Επιστημονικού Συνεργάτη (ΠΔ 407) του Τμήματος Πληροφορικής Π.Θ., τον οποίο ευχαριστώ για την καθοδήγηση, υπομονή και κατανόηση που επέδειξε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

Θα ήθελα επίσης να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον κ. **Αθανάσιο Εξαδάκτυλο**, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την παρότρυνση της συμμετοχής μου στο συγκεκριμένο μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών καθώς και για την αξιολόγηση και βαθμολόγηση της παρούσας εργασίας.

Θεωρώ υποχρέωσή μου να ευχαριστήσω τους υποψήφιους διδάκτορες κ. Αποστόλου Κωνσταντίνο και κα. Κουγιαγκά Ευκαρπία, καθώς και τους παραγωγούς για την άριστη συνεργασία και τον χρόνο που διέθεσαν προκειμένου να μου χορηγήσουν τα πρωτογενή δεδομένα των εκτροφών τους, χωρίς τα οποία θα ήταν αδύνατη η εκπόνηση της παρούσας εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον σύζυγο μου, στα παιδιά μου και στους γονείς μου για την συμπαράσταση, υπομονή, αμέριστη βοήθεια, κατανόηση και ανοχή που έδειξαν όλο αυτό το χρονικό διάστημα των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το θέμα της κλιματικής αλλαγής απασχολεί την ανθρωπότητα αρκετά τα τελευταία χρόνια. Η αλλαγή του κλίματος μπορεί να οφείλεται τόσο σε φυσικές εσωτερικές διαδικασίες ή σε εξωτερικές δυνάμεις, όσο και σε ανθεκτικές ανθρωπογενείς μεταβολές στη σύνθεση της ατμόσφαιρας ή στη χρήση της γης. Σε εθνικό επίπεδο, η χώρα μας δεν έχει πολύ υψηλές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου σε σύγκριση με άλλες χώρες, αλλά λόγω του ότι αποτελεί κράτος-μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, έχει διεθνείς υποχρεώσεις. Το μεγαλύτερο μερίδιο των εκπομπών στην Ελλάδα οφείλεται στις μονάδες ηλεκτροπαραγωγής (41%), ακολουθούμενη από τον βιομηχανικό τομέα (17%) και τις οδικές μεταφορές (14%) (Graus & Blomen, 2008). Σύμφωνα με την από 29-11-2006 έκθεση του Οργανισμού Τροφίμων & Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (FAO) η εκτροφή των ζώων παράγει το 18% της παγκόσμιας εκπομπής των αερίων του θερμοκηπίου. Δεδομένου ότι η ζήτηση τροφών πλούσιων σε πρωτεΐνες αναμένεται να αυξηθεί κατά 70-80% μέχρι το 2050, γίνεται κατανοητό πως θα πρέπει να υπάρξει στροφή σε πιο φιλικές προς το περιβάλλον πηγές πρωτεΐνης.

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν μονάδες εκτροφής σαλιγκαριών στην περιοχή της Θεσσαλίας (ανοιχτή – εκτατική εκτροφή και μικτή - εντατική εκτροφή με εσωτερική αναπαραγωγή και πάχυνση σε Διχτυοκήπιο) προκειμένου να ποσοτικοποιηθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλούνται από την κατασκευή και λειτουργία αυτών των μονάδων μέσω του υπολογισμού του ανθρακικού αποτυπώματος (CF). Εξετάστηκε ο κύκλος ζωής των δύο τύπων εκτροφής σαλιγκαριών του είδους *Cornu aspersum* (*Helix aspersa*) και του είδους *Cornu aspersum maximum* (*Helix aspersa maxima*), έπειτα από επιτόπια συλλογή δεδομένων και πληροφοριών βάσει μιας προσέγγισης κύκλου ζωής «από το λίκνο ως την έξοδο από το αγρόκτημα».

Η αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και ο υπολογισμός του ανθρακικού αποτυπώματος (CF) πραγματοποιήθηκαν με τη βοήθεια του λογισμικού προγράμματος openLCA software version 1.6 και της αξιολόγησης επιπτώσεων CML (non baseline) (v. 4.4, January 2015).

Το ανθρακικό αποτύπωμα υπολογίστηκε **0.52728 kg CO₂eq** για την ανοιχτή εκτροφή βιολογικού κύκλου και **4.24146 kg CO₂eq** για την κλειστή εκτροφή σε Διχτυοκήπιο με εσωτερική αναπαραγωγή. Και στις δύο περιπτώσεις τη μεγαλύτερη συμβολή στο ανθρακικό αποτύπωμα έχει η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας με ποσοστά 79,6% για την ανοικτή εκτροφή και 98,3% για τη μικτή, ενώ το ποσοστό του αποτυπώματος CF, μπορεί να μειωθεί κατά 18%, συμπεριλαμβανομένων των πιθανών μακροχρόνιων δεσμεύσεων του CO₂ από τα κελύφη.

Παρουσιάζονται επίσης στοιχεία σχετικά με τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και τον υπολογισμό του CF της ευρύτερης ζωικής παραγωγής (εκτροφή βοοειδών, χοιρινών, πουλερικών κλπ.) και συγκρίνονται με τα αποτελέσματα της μελέτης. Συμπερασματικά προκύπτει ότι η εκτροφή σαλιγκαριών είναι από τις πιο φιλικές προς το περιβάλλον πηγές πρωτεΐνης (αν όχι η φιλικότερη).

Λέξεις κλειδιά: ανθρακικό αποτύπωμα,

CO₂eq,

LCA,

Cornu aspersum (Helix aspersa),

Cornu aspersum maximum (Helix aspersa maxima)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1. Κλιματική Αλλαγή	1
1.2. Ανθρακικό Αποτύπωμα (Carbon Footprint, CF)	7
1.2.1. Ορισμός Ανθρακικού Αποτυπώματος	7
1.2.2. Ποσοτικοποίηση του Ανθρακικού Αποτυπώματος	10
2. ΣΑΛΙΓΚΑΡΟΤΡΟΦΙΑ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	16
2.1. Ιστορική ανασκόπηση – Εκτροφή σαλιγκαριών στην Ελλάδα	16
2.2. Μορφολογία, ανατομία, βιολογία & διατροφικές απαιτήσεις σαλιγκαριών	18
2.3. Συστήματα εκτροφής	21
2.4. Περιβαλλοντικές απαιτήσεις εδωδιμών σαλιγκαριών	22
3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ, ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	25
3.1. Αντικείμενο και στόχος εργασίας	25
3.2. Υπολογισμός CF με τη μέθοδο της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής	26
3.3. Συλλογή Δεδομένων	30
3.4. Περιγραφή λογισμικού openLCA	31
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ	37
4.1. Γενικές παραδοχές για τις υπό μελέτη μονάδες εκτροφής	37
4.2. Ανοιχτή εκτροφή βιολογικού κύκλου (E1)	37
4.2.1. Αναλυτική περιγραφή εκτροφής	37
4.2.2. Καθορισμός ορίων συστήματος εκτροφής	41
4.2.3. Καταγραφή δεδομένων εκτροφής	42
4.2.4. Υπολογισμός CF ανοιχτής εκτροφής	43

4.3. Σύστημα κλειστής εκτροφής σε Διχτυοκήπιο με εσωτερική αναπαραγωγή (E2).....	50
4.3.1. Αναλυτική περιγραφή εκτροφής	50
4.3.1.1. Εσωτερική αναπαραγωγή	51
4.3.1.2. Πάχυνση σε Διχτυοκήπιο	53
4.3.2. Καθορισμός ορίων συστήματος εκτροφής	55
4.3.3. Καταγραφή δεδομένων εκτροφής	56
4.3.4. Υπολογισμός CF μικτής εκτροφής	57
4.3.5. Επιμέρους ανάλυση CF μικτής εκτροφής (E2)	64
4.3.5.1. Υπολογισμός CF στο στάδιο αναπαραγωγής	64
4.3.5.2. Υπολογισμός CF στο στάδιο πάχυνσης	67
4.3.5.3. Συσχέτιση CF εσωτερικής αναπαραγωγής & εξωτερικής πάχυνσης	70
4.4. Σύγκριση των CF συστημάτων εκτροφής E1 & E2 μέσω του openLCA	71
4.5. Σύγκριση των CF συστημάτων εκτροφής E1 και E2 βάσει της έρευνας	72
4.6. Σύγκριση του CF σαλιγκαριών με άλλες πηγές κρέατος	75
4.7. Περιβαλλοντικός σχεδιασμός εκτροφής σαλιγκαριών	78
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	80
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	83
ABSTRACT	90

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Κλιματική Αλλαγή

Το θέμα της κλιματικής αλλαγής απασχολεί την ανθρωπότητα αρκετά τα τελευταία χρόνια. Η κλιματική αλλαγή αφορά σε μια αλλαγή στην κατάσταση του κλίματος που μπορεί να εντοπιστεί με μεταβολές στον μέσο όρο ή και στη μεταβλητότητα των ιδιοτήτων του και η οποία παραμένει για μια εκτεταμένη περίοδο, συνήθως δεκαετίες ή και περισσότερο. Ως κλίμα ορίζεται η κατάσταση στην οποία βρίσκεται το κλιματικό σύστημα, συμπεριλαμβανομένης μιας στατιστικής περιγραφής (IPCC 2007) και για να ορίσουμε το κλίμα μιας περιοχής χρησιμοποιούμε τις κλιματικές περιόδους οι οποίες εκτείνονται για χρονικό διάστημα τριάντα ετών (Μελάς και συν. 2000). Η αλλαγή του κλίματος μπορεί να οφείλεται τόσο σε φυσικές εσωτερικές διαδικασίες ή σε εξωτερικές δυνάμεις, όπως δυναμικές και θερμοδυναμικές αλληλοεπιδράσεις μεταξύ ατμόσφαιρας και ωκεανών, ηφαιστειογενείς εκρήξεις και αλλαγές στην ηλιακή ακτινοβολία, όσο και σε ανθεκτικές ανθρωπογενείς μεταβολές στη σύνθεση της ατμόσφαιρας ή στη χρήση της γης (IPCC 2007). Γεωγραφικά, οι κλιματικές αλλαγές είναι τόσο εκτεταμένες που εξετάζονται ως ένα ολοκληρωμένο πλανητικό φαινόμενο. Η Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος (UNFCCC), στο άρθρο 1, ορίζει την *κλιματική αλλαγή* ως την αλλαγή του κλίματος που αποδίδεται άμεσα ή έμμεσα στην ανθρώπινη δραστηριότητα και μεταβάλλει τη σύνθεση της παγκόσμιας ατμόσφαιρας διακρίνοντας τον όρο από την κλιματική μεταβλητότητα που οφείλεται σε φυσικά αίτια (IPCC 2007; Δημητριάδης 2011).

Η απειλή της αλλαγής του κλίματος εξετάστηκε και συνεχίζει να αντιμετωπίζεται σε παγκόσμιο επίπεδο με μια σειρά από διασκέψεις – αξιολογήσεις, οι οποίες παρατίθεται ακολούθως με χρονολογική σειρά:

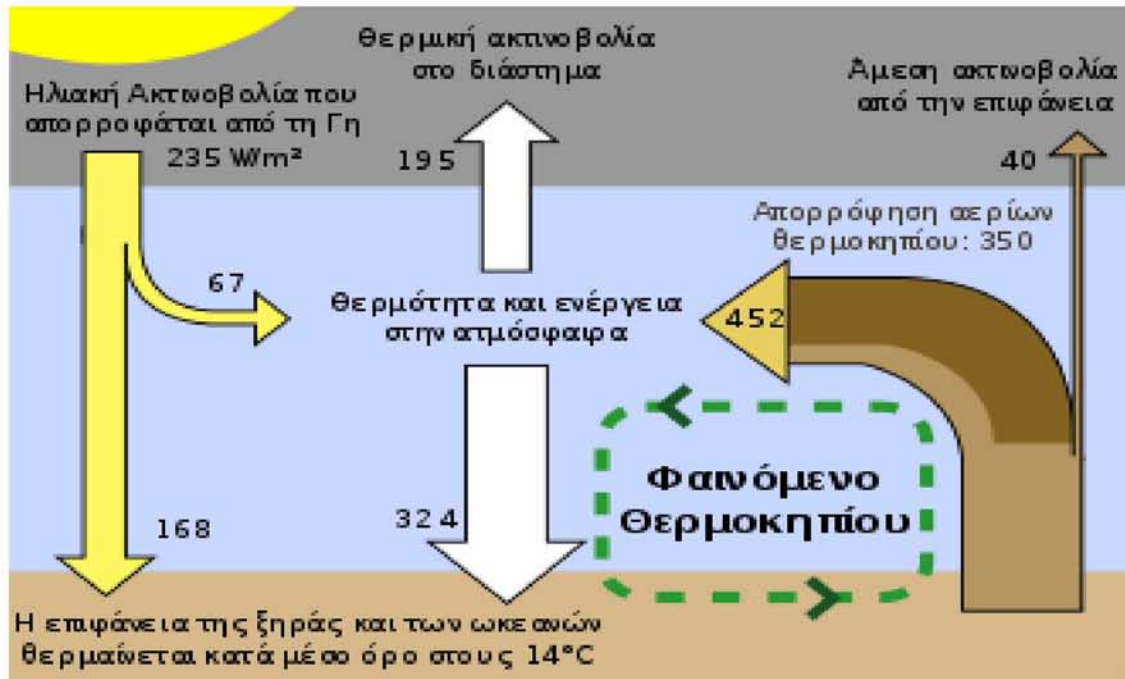
- ☞ Η διάσκεψη του Μόντρεαλ, που κατέληξε σε συμφωνία και υπογραφή του Πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ (1987)
- ☞ Η διάσκεψη του Τορόντο του Καναδά (1988)
- ☞ Η ίδρυση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Αλλαγή του Κλίματος (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC), ο Διεθνής Οργανισμός για την αξιολόγηση της επιστήμης που σχετίζεται με την κλιματική αλλαγή, αποτελούμενη από τους κορυφαίους ειδικούς κλιματολόγους του κόσμου (1988)
- ☞ Η Σύμβαση-πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (United Nation Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) (1992)
- ☞ Το Πρωτόκολλο του Κιότο (1997), που αποτελεί μέρος της UNFCCC και είναι το αποτέλεσμα της 3^{ης} Διάσκεψης (COP3) , θέτει δεσμευτικούς στόχους ως προς τις εκπομπές ρύπων για τις χώρες που το έχουν κυρώσει, όπως τα κράτη μέλη της Ε.Ε. (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, Πολιτικές για την αλλαγή του κλίματος 2008)
- ☞ Οι Διασκέψεις για την Κλιματική Αλλαγή (Conference Of Parties, COP) οι οποίες διεξάγονται κάθε χρόνο από το 1995 μέχρι και σήμερα και συζητούνται οι εξελίξεις και οι προοπτικές του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής. Η διάσκεψη (COP 23) του έτους 2017 διεξήχθη στη Βόννη της Γερμανίας.

Πολλές ευρωπαϊκές χώρες έχουν υιοθετήσει εθνικά προγράμματα με στόχο τη μείωση των εκπομπών, ενώ έχουν εγκριθεί διάφορες πολιτικές και μέτρα μέσω του Ευρωπαϊκού προγράμματος για την κλιματική αλλαγή.

Στη χώρα μας με το Ν. 4426/2016 (Φ.Ε.Κ. 187/Α/06-10-2016) κυρώθηκε η Συμφωνία των Παρισίων στη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή, στο πλαίσιο της ενίσχυσης της εφαρμογής της Σύμβασης. Επιπλέον, στο πλαίσιο του μνημονίου συνεργασίας, που υπεγράφη το Δεκέμβριο του 2014 από το Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, το Ίδρυμα Ιατροβιολογικών Ερευνών της Ακαδημίας Αθηνών και την Τράπεζα της Ελλάδος, με στόχο την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής σε επίπεδο χώρας και την αξιοποίηση της εμπειρίας της ΕΜΕΚΑ (Διεπιστημονική Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής που συστήθηκε τον Μάρτιο του 2009 από την Τράπεζα της Ελλάδος), ολοκληρώθηκε το σχέδιο του κειμένου της Εθνικής Στρατηγικής για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή (ΕΣΠΚΑ), το οποίο τέθηκε σε δημόσια διαβούλευση το Δεκέμβριο του 2015.

Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος (European Environment Agency) η κλιματική αλλαγή συντελείται ήδη: οι θερμοκρασίες αυξάνονται, τα χαρακτηριστικά των βροχοπτώσεων αλλάζουν, οι παγετώνες και το χιόνι λιώνουν και η παγκόσμια μέση στάθμη της θάλασσας ανεβαίνει. Η αύξηση της θερμοκρασίας οφείλεται κατά κύριο λόγο στην παρατηρούμενη αύξηση των συγκεντρώσεων των αερίων των κατώτερων στρωμάτων της ατμόσφαιρας τα οποία ονομάζονται *αέρια του θερμοκηπίου* (*greenhouse gases - GHGs*). Τα αέρια του θερμοκηπίου έχουν την ικανότητα να παγιδεύουν θερμότητα στην ατμόσφαιρα καθώς είναι διαφανή στην ηλιακή ακτινοβολία αλλά αδιαφανή στην υπερώδη, η οποία ακτινοβολείται από τη Γη στο διάστημα (και που με τον τρόπο αυτό η Γη εκπέμπει θερμότητα). Κατά συνέπεια, μια αύξηση της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου διαταράσσει την

ισορροπία της ακτινοβολούμενης ενέργειας και προκαλεί αύξηση της απορροφούμενης ακτινοβολίας και επομένως θερμοκρασιακή μεταβολή.



Εικόνα 1.1 Ανταλλαγή ενέργειας μεταξύ της πηγής (ήλιος), της επιφάνειας της γης, της ατμόσφαιρας και του τελικού αποδέκτη που είναι το εξώτερο διάστημα (https://el.wikipedia.org/wiki/Φαινόμενο_του_θερμοκηπίου)

Στη χώρα μας υπάρχει μια σαφής αύξηση της θερμοκρασίας από τις αρχές της δεκαετίας του 1990 (Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών 2001), η οποία σταδιακά έχει ενισχυθεί και τα καταγεγραμμένα “καυτά” καλοκαίρια είναι όλο και πιο συνηθισμένο φαινόμενο. Επί πλέον, η τάση των βροχοπτώσεων στην Ελλάδα είναι αρνητική τόσο σε ετήσια όσο και σε εποχική βάση (Ε.Α.Α. 2005).

Σύμφωνα με την Οδηγία 2003/87/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου ως *αέρια του θερμοκηπίου* ορίζονται τα ακόλουθα: το Διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το Μεθάνιο (CH_4), το Υποξείδιο του αζώτου (N_2O), οι Υδροφθοράνθρακες (HFCs), οι Υπερφθοράνθρακες (PFCs) και το Εξαφθοριούχο θείο (SF_6).

Η Διακυβερνητική Επιτροπή για τις Κλιματικές Αλλαγές (Δ.Ε.Κ.Α., Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC), υποστηρίζει ότι η αύξηση της θερμοκρασίας οφείλεται κυρίως στην καύση των ορυκτών καυσίμων και στην αποψίλωση των δασών και δευτερευόντως στην ανάπτυξη του τομέα της κτηνοτροφίας, στη χρήση αζωτούχων λιπασμάτων και φθοριούχων αερίων, καθώς προκαλούν εκπομπές CO₂ και των υπολοίπων αερίων που συμβάλουν στο ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Στην Ευρώπη, η ενέργεια και οι μεταφορές είναι οι μεγαλύτερες πηγές των εκπομπών αυτών (Ευρωπαϊκή Επιτροπή Γενική Διεύθυνση Γεωργίας και Αγροτικής Ανάπτυξης 2012).

Το CO₂ είναι το αέριο του θερμοκηπίου που παράγεται συχνότερα από τις ανθρώπινες δραστηριότητες και ευθύνεται για το 63% της υπερθέρμανσης του πλανήτη που οφείλεται σ' αυτές τις δραστηριότητες. Οι συγκεντρώσεις του στην ατμόσφαιρα μετρούνται με ακρίβεια από το 1958 σε δύο ερευνητικούς σταθμούς στον κόσμο, αλλά με βάση μετρήσεις που έχουν διεξαχθεί στον πάγο και στα ισότοπα του άνθρακα στους δακτυλίους των δέντρων έχουν υπολογιστεί και για τις τελευταίες χιλιετίες. Οι σταθμοί αυτοί βρίσκονται στο Mauna Loa στη Χαβάη και στο Νότιο Πόλο (Μελάς 2007). Η συγκέντρωσή του στην ατμόσφαιρα είναι σήμερα κατά 40% υψηλότερη από ό,τι κατά την έναρξη της εκβιομηχάνισης. Άλλα αέρια του θερμοκηπίου εκλύονται σε μικρότερες ποσότητες, αλλά παγιδεύουν τη θερμότητα πολύ περισσότερο από το CO₂, και σε μερικές περιπτώσεις είναι κατά πολύ ισχυρότερα. Το CH₄ ευθύνεται για το 19% της υπερθέρμανσης του πλανήτη από ανθρωπογενείς αιτίες και το N₂O για το 6% (Δράση για το Κλίμα, European Commission).

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής σύμφωνα με την 4η Έκθεση Αξιολόγησης (AR4) της IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), η οποία

βραβεύτηκε με το βραβείο Νόμπελ Ειρήνης το 2007, προβλέπεται να είναι οι ακόλουθες:

- Μέσα στις επόμενες δεκαετίες, τα αποθέματα νερού που είναι αποθηκευμένα στους παγετώνες και στις χιονισμένες περιοχές θα μειωθούν προκαλώντας ελλείψεις νερού σε περισσότερο από 1 δις ανθρώπους.
- Το 20% με 30% όλων των ζωντανών οργανισμών στον πλανήτη θα αντιμετωπίζουν αυξημένο κίνδυνο εξαφάνισης, αν η άνοδος της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας ξεπεράσει τους 1,5-2,5°C.
- Σε χαμηλότερα γεωγραφικά πλάτη, και κυρίως σε ξηρές και τροπικές περιοχές, ακόμα και μικρές αυξήσεις της θερμοκρασίας της τάξης των 1°C - 2°C, αναμένεται να αυξήσουν τον κίνδυνο λιμών.
- Μετά το 2080 πολλά εκατομμύρια ανθρώπων αναμένεται να επηρεαστούν από πλημμύρες στα σπίτια και στις επιχειρήσεις τους εξαιτίας της ανόδου της στάθμης της θάλασσας κάθε χρόνο. Σε ιδιαίτερο κίνδυνο βρίσκονται πυκνοκατοικημένες περιοχές, καθώς και περιοχές που βρίσκονται σε χαμηλό υψόμετρο με περιορισμένες ικανότητες προσαρμογής.

Για να μετριάσουμε τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής, πρέπει να μειώσουμε τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου ή να διασφαλίσουμε την πρόληψη της παραγωγής τους. Οι χώρες που υπέγραψαν τη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή (Σύμβαση UNFCCC) συμφώνησαν να περιορίσουν την παγκόσμια μέση αύξηση της επιφανειακής θερμοκρασίας από την προβιομηχανική εποχή σε λιγότερο από 2°C. Οι παγκόσμιες εκπομπές θα πρέπει μέχρι το 2050 να μειωθούν κατά 50 % σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990 προκειμένου να επιτευχθεί ουδέτερο ισοζύγιο άνθρακα πριν από το τέλος του αιώνα. Η Ε.Ε. στηρίζει τον στόχο της

σύμβασης UNFCCC και επιδιώκει, μέχρι το 2050, να έχει μειώσει τις εκπομπές των αερίων θερμοκηπίου κατά 80 – 95 % σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Τα σημαντικά αυτά επίπεδα μείωσης λαμβάνουν υπόψη τις μικρότερες μειώσεις που απαιτούνται από τις αναπτυσσόμενες χώρες (Δράση για το Κλίμα, European Commission).

Σε εθνικό επίπεδο, η χώρα μας δεν έχει πολύ υψηλές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου σε σύγκριση με άλλες χώρες, αλλά λόγω του ότι αποτελεί κράτος-μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, έχει διεθνείς υποχρεώσεις. Το μεγαλύτερο μερίδιο των εκπομπών στην Ελλάδα οφείλεται στις μονάδες ηλεκτροπαραγωγής (41%), ακολουθούμενη από τον βιομηχανικό τομέα (17%) και τις οδικές μεταφορές (14%) (Graus & Blomen 2008).

1.2. Ανθρακικό αποτύπωμα (Carbon footprint, CF)

1.2.1 Ορισμός ανθρακικού αποτυπώματος

Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα είναι ένα ισχυρό εργαλείο που συμβάλλει στην κατανόηση της αλληλεπίδρασης και των επιπτώσεων της ανθρώπινης δραστηριότητας στο περιβάλλον, ενώ ταυτόχρονα παρέχει τη δυνατότητα να υποστηρίξει τις διαθέσιμες επιλογές για τη μείωση αυτών των επιπτώσεων. Συνήθως συγχέεται με το οικολογικό αποτύπωμα, γεγονός που δεν θα έπρεπε να συμβαίνει καθώς οι όροι “περιβάλλον” και “οικολογία” δεν ταυτίζονται. Ο όρος “περιβάλλον” αναφέρεται σε όλα όσα μπορούν να βρύνονται γύρω από έναν οργανισμό ή ένα οικοσύστημα (συμπεριλαμβανομένων και των άλλων οργανισμών, του κλίματος, του εδάφους κ.α.), ενώ ο όρος οικολογία αναφέρεται στη μελέτη των σχέσεων μεταξύ ζωντανών οργανισμών και μεταξύ του περιβάλλοντός τους (Χατζημπίρος και συν. 2007).

Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα, ως οικολογικό αποτύπωμα ορίζεται η μέτρηση των φυσικών στοιχείων (χερσαία ή θαλάσσια επιφάνεια της γης κλπ.) που ένας δεδομένος πληθυσμός απαιτεί για να παράγει τους φυσικούς πόρους που καταναλώνει και για να απορροφήσει τα απόβλητά του. Εν συντομία, το οικολογικό αποτύπωμα μετρά την ανθρώπινη ζήτηση για τη φύση. Μετρά την “ποσότητα” της φύσης που απαιτείται για να διαβιώσει η ανθρωπότητα και να στηριχθεί η οικονομία της. Υπολογίζεται με αυτόν τον τρόπο ο ανθρώπινος αντίκτυπος έναντι του οικοσυστήματος και αποκαλύπτεται η εξάρτηση της οικονομίας από το φυσικό κεφάλαιο (παγκόσμιο απόθεμα φυσικών πόρων) (https://el.wikipedia.org/wiki/Οικολογικό_αποτύπωμα). Η ιδέα του οικολογικού αποτυπώματος αναπτύχθηκε το 1990 από τους Mathis Wackernagel και William Rees του University of British Columbia, ενώ σήμερα αναγνωρίζεται και εφαρμόζεται από επιστήμονες, επιχειρήσεις, κυβερνήσεις, ιδιώτες και οργανισμούς που εργάζονται για την παρακολούθηση της οικολογικής χρήσης των φυσικών πόρων και την προώθηση της αειφόρου ανάπτυξης (Global Footprint Network 2005).

Ως περιβαλλοντικό αποτύπωμα, παρότι υπάρχουν πολλά διαφορετικά είδη περιβαλλοντικού αποτυπώματος (νερού, άνθρακα, όζοντος κλπ.) ανάλογα με το είδος της ανθρώπινης επίδρασης, αλλά λόγω του γεγονότος ότι το ενισχυμένο Φαινόμενο του Θερμοκηπίου αποτελεί τη σημαντικότερη επίπτωση της Κλιματικής Αλλαγής, νοείται το “ανθρακικό αποτύπωμα-carbon footprint (CF)”. Δεν είναι σαφές πότε και από ποιόν ο όρος CF χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά, αλλά εντοπίστηκε σε άρθρα εφημερίδων ήδη από το έτος 2000 (Biddle 2000; Sorensen 2000), ενώ στη βιβλιοθήκη των δημοσιεύσεων στο Web of Science, το CF αναφέρθηκε για πρώτη φορά τον Ιανουάριο του 2007 (Hammond 2007). Παρά τη δημοτικότητά του και τη χρήση του, δεν υπάρχει

καθολικά αποδεκτός ορισμός του CF. Σήμερα περιγράφει, από τη “στενότερη” έως την “ευρύτερη” έννοια, τη μέτρηση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου (GHG gases) (East 2008; Finkbeiner 2009; Pandey et al. 2011; Peters 2010; Wiedmann & Minx 2007). Έτσι ως ανθρακικό αποτύπωμα ορίζεται η μέτρηση της συνολικής ποσότητας των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα η οποία προκαλείται άμεσα ή έμμεσα από μια δραστηριότητα ή συσσωρεύεται κατά τη διάρκεια ζωής ενός προϊόντος. Αναφέρεται μόνο το CO₂ στον ορισμό, έχοντας πλήρη επίγνωση ότι υπάρχουν και άλλα αέρια με δυνατότητα ενίσχυσης του Φαινομένου του Θερμοκηπίου τα οποία περιλαμβάνονται σε αυτόν τον περιεκτικό δείκτη (Wiedmann & Minx 2007). Ένας άλλος ορισμός αναφέρει ότι το αποτύπωμα άνθρακα (Carbon Footprint, CF), μετρά τη συνολική ποσότητα των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου τα οποία προκαλούνται άμεσα ή έμμεσα από κάποια δραστηριότητα ή είναι συσσωρευμένα στα επιμέρους στάδια ζωής ενός προϊόντος (Φλάμος & Μανωλή 2015). Σύμφωνα με τον Κυβερνητικό Οργανισμό για την Προστασία του Περιβάλλοντος (United States EPA) το ανθρακικό αποτύπωμα ορίζεται ως η συνολική ποσότητα αερίων θερμοκηπίου που εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα κάθε χρόνο από ένα άτομο, μια οικογένεια, ένα κτίριο, έναν οργανισμό ή μια εταιρεία. Το αποτύπωμα άνθρακα περιλαμβάνει εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από καύσιμα που χρησιμοποιεί ένα άτομο απευθείας, όπως η θέρμανση ενός σπιτιού ή η οδήγηση του αυτοκινήτου. Περιλαμβάνει επίσης αέρια θερμοκηπίου που προέρχονται από την παραγωγή αγαθών ή υπηρεσιών που χρησιμοποιεί το άτομο, συμπεριλαμβανομένων των εκπομπών από σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής, από εργοστάσια που παράγουν προϊόντα και από χώρους υγειονομικής ταφής.

Συμπερασματικά μπορεί να ειπωθεί ότι το ανθρακικό αποτύπωμα είναι ένας χρήσιμος δείκτης περιβαλλοντικής βιωσιμότητας αλλά και ένα εργαλείο στο οποίο μπορεί να βασιστεί η χάραξη της περιβαλλοντικής πολιτικής.

1.2.2 Ποσοτικοποίηση του ανθρακικού αποτυπώματος

Σύμφωνα με το Green House Gases Protocol το ανθρακικό αποτύπωμα υπολογίζεται σε τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα (tn CO₂eq). Το CO₂eq χρησιμοποιείται ώστε τα διαφορετικά αέρια του θερμοκηπίου (Green House Gases - GHGs) να μπορούν να είναι συγκρίσιμα μεταξύ τους σε μια ενιαία βάση υπολογισμού της οποίας μονάδα μέτρησης είναι μια μονάδα CO₂.

Κατά τα Άρθρα 4 και 12 της Σύμβασης - Πλαίσιο τα άμεσα 6 αέρια του θερμοκηπίου (GHGs), τα οποία συνοψίζονται και στο ανθρακικό αποτύπωμα, όπως προαναφέρθηκε, είναι τα εξής:

- CO₂ – Carbon dioxide (Διοξείδιο του άνθρακα)\
- CH₄ – Methane (Μεθάνιο)
- N₂O – Nitrous oxide (Οξείδιο του αζώτου)
- PFC's – Perfluorocarbons (Υπερφθοράνθρακες)
- HFC's – Hydrofluorocarbons (Υδροφθοράνθρακες)
- SF₆ – Sulphur hexafluoride (Εξαφθοριούχο θείο)

Σύμφωνα με το Παράρτημα II της IPCC (2014) το **CO₂eq** ορίζεται ως η ποσότητα εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που θα προκαλούσε την ίδια ενσωματωμένη ραδιοσυχνότητα, σε ένα δεδομένο χρονικό ορίζοντα, όπως η εκπεμπόμενη ποσότητα ενός αερίου θερμοκηπίου (GHG) ή μείγματος αερίων θερμοκηπίου. Το CO₂eq είναι μια κοινή κλίμακα για τη σύγκριση των εκπομπών

διαφόρων αερίων θερμοκηπίου. Συνοπτικά, είναι το αέριο αναφοράς, σύμφωνα με το οποίο μετρούνται και τα υπόλοιπα αέρια θερμοκηπίου και ως εκ τούτου έχει δυναμικό αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη (GWP) ίσο με 1 (IPCC 2001).

Ο υπολογισμός του CO₂eq επιτυγχάνεται με τον πολλαπλασιασμό των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου με το Παγκόσμιο Δυναμικό Θέρμανσης (Global Warming Potential - GWP) του καθενός για τον συγκεκριμένο χρονικό ορίζοντα. Για ένα μείγμα αερίων θερμοκηπίου επιτυγχάνεται με την άθροιση των εκπομπών CO₂eq κάθε αερίου. Ως “Δυναμικό Θέρμανσης του Πλανήτη” (**GWP**) ορίζεται ο δείκτης που αντιπροσωπεύει το συνολικό αποτέλεσμα διαφορετικών χρονικών στιγμών αυτών των αερίων που παραμένουν στην ατμόσφαιρα και τη σχετική τους αποτελεσματικότητα στην απορρόφηση της εξερχόμενης υπέρυθρης ακτινοβολίας. Αυτός ο δείκτης προσεγγίζει το χρονικό ολοκληρωμένο αποτέλεσμα θέρμανσης ανά μονάδα μάζας ενός δεδομένου αερίου θερμοκηπίου στη σημερινή ατμόσφαιρα, σε σχέση με εκείνη του διοξειδίου του άνθρακα (IPCC 2001). Μαθηματικά ορίζεται ως το πηλίκο της πλανητικής θέρμανσης που προκαλεί μία μονάδα μάζας αερίου προς αυτή που προκαλεί μια μονάδα μάζας διοξειδίου του άνθρακα κατά τη διάρκεια μιας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου (Φλάμος & Μανωλή 2015). Σύμφωνα με τη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (UFCCC) το **GWP** είναι ο δείκτης που χρησιμοποιείται για να “μεταφράσει” το επίπεδο των εκπομπών διαφόρων αερίων σε μια κοινή βάση προκειμένου να συγκριθεί η σχετική εκπεμπόμενη ακτινοβολία των διαφορετικών αερίων χωρίς άμεσο υπολογισμό των μεταβολών των ατμοσφαιρικών συγκεντρώσεων.

Σύμφωνα με τον Κυβερνητικό Οργανισμό των Ηνωμένων Εθνών για την Προστασία του Περιβάλλοντος (EPA), διαφορετικά αέρια θερμοκηπίου μπορεί να

έχουν διαφορετικές επιπτώσεις στη θέρμανση της Γης. Δύο βασικά σημεία στα οποία τα αέρια διαφέρουν μεταξύ τους είναι η ικανότητά τους να απορροφούν ενέργεια (η «ραδιενέργεια» τους) και ο χρόνος παραμονής τους στην ατμόσφαιρα (η "διάρκεια ζωής" τους). Το Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη (GWP) αναπτύχθηκε για να επιτρέψει συγκρίσεις των επιπτώσεων της αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη από διαφορετικά αέρια. Όσο μεγαλύτερη είναι η GWP, τόσο περισσότερο ένα δεδομένο αέριο θερμαίνει τη Γη σε σύγκριση με το CO₂ κατά τη διάρκεια αυτής της χρονικής περιόδου. Η χρονική περίοδος που χρησιμοποιείται συνήθως για τα GWPs είναι τα 100 έτη.

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), εξ ορισμού όπως προαναφέρθηκε, έχει GWP ίσο με 1 ανεξάρτητα από την χρονική περίοδο που χρησιμοποιείται, επειδή είναι το αέριο που χρησιμοποιείται ως αναφορά. Το CO₂ παραμένει στο κλιματικό σύστημα για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα καθώς οι εκπομπές CO₂ προκαλούν αύξηση των ατμοσφαιρικών συγκεντρώσεων CO₂ που θα διαρκέσουν χιλιάδες χρόνια (United States EPA).

Το μεθάνιο (CH₄) εκτιμάται ότι έχει GWP 28-36 για χρονική περίοδο 100 ετών. Το CH₄ που εκπέμπεται σήμερα διατηρείται στην ατμόσφαιρα για περίπου μια δεκαετία κατά μέσο όρο, πολύ λιγότερο χρόνο σε σχέση με το CO₂. Αλλά το CH₄ απορροφά πολύ περισσότερη ενέργεια από ότι το CO₂. Το καθαρό αποτέλεσμα της μικρότερης διάρκειας ζωής και της υψηλότερης απορρόφησης ενέργειας αντικατοπτρίζεται στο GWP (United States EPA).

Το οξείδιο του αζώτου (N₂O) έχει GWP 265-298 φορές μεγαλύτερο από το CO₂ για χρονικό διάστημα 100 ετών. Το N₂O που εκπέμπεται σήμερα παραμένει στην ατμόσφαιρα για περισσότερα από 100 χρόνια, κατά μέσο όρο (United States EPA).

Οι χλωροφθοράνθρακες (CFC), οι υδροφθοράνθρακες (HFC), οι υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFC), οι υπερφθοράνθρακες (PFC) και το εξαφθοριούχο θείο (SF_6) ονομάζονται αέρια υψηλού GWP επειδή, για δεδομένη ποσότητα μάζας, παγιδεύουν περισσότερη θερμότητα από το CO_2 . Τα GWP για αυτά τα αέρια μπορεί να είναι χιλιάδες ή δεκάδες χιλιάδες (United States EPA).

Παρακάτω, υπό μορφή πίνακα παρουσιάζονται τα GWP για χρονικό ορίζοντα 100 ετών σύμφωνα με την Πέμπτη Έκθεση Αξιολόγησης της IPCC (Fifth Assessment Report, AR5 2014). Οι τιμές της AR5 είναι οι πιο πρόσφατες, αλλά κάποιες φορές χρησιμοποιούνται και αυτές της Δεύτερης Έκθεσης Αξιολόγησης (SAR 1995) ή και της Τέταρτης (AR4 2007). Επιπλέον αναφέρεται ότι οι τιμές της AR5 GWP100 διαφέρουν από εκείνες που υιοθετήθηκαν από το Πρωτόκολλο του Κιότο.

Πίνακας 1.1: Τιμές GWP_{100} σε σχέση με το CO_2 (AR5 2014) (Greenhouse gas protocol, GHG).

Ονομασία	Χημικός τύπος	Τιμές GWP για χρονικό ορίζοντα 100 ετών		
		Δεύτερη Έκθεση Αξιολόγησης (SAR)	Τέταρτη Έκθεση Αξιολόγησης (AR4)	Πέμπτη Έκθεση Αξιολόγησης (AR5)
Διοξείδιο του άνθρακα	CO_2	1	1	1
Μεθάνιο	CH_4	21	25	28
Οξείδιο του αζώτου	N_2O	310	298	265
Υπερφθοράνθρακες	PFC's	6.500-9.200	7.390-12.200	6.630-11.100
Υδροφθοράνθρακες	HFC's	140-11.700	124-14.800	4-12.400
Εξαφθοριούχο θείο	SF_6	23.900	22.800	23.500

Οι διαφορετικές τιμές GWP₁₀₀ που προέκυψαν στις προαναφερθείσες εκθέσεις αξιολόγησης οφείλονται σε επικαιροποιημένες επιστημονικές εκτιμήσεις της απορρόφησης ενέργειας ή της διάρκειας ζωής των αερίων ή των μεταβαλλόμενων ατμοσφαιρικών συγκεντρώσεων των αερίων θερμοκηπίου (United States EPA).

Συμπερασματικά αναφέρεται ότι τα GWPs παρέχουν μια κοινή μονάδα μέτρησης, η οποία δίνει τη δυνατότητα της εκτίμησης εκπομπών διαφορετικών αερίων και επιτρέπει στους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής να επιβάλλουν μέτρα μείωσης των εκπομπών αυτών σε διάφορους τομείς (<https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials>).

Για τον υπολογισμό των αερίων του θερμοκηπίου υπάρχουν διαθέσιμα πρότυπα και οδηγίες. Τα πιο συνηθισμένα από αυτά είναι (Pandey et al 2011):

- Το πρωτόκολλο Greenhouse gas protocol (GHG) του World Resource Institute (WRI)/ World Business Council on Sustainable Development (WBCSD). Απευθύνεται σε εταιρείες, σε φορείς, σε δράσεις και σε προϊόντα. Ερευνάται ο κύκλος ζωής και συγκρίνονται οι εκπομπές με αυτές προηγούμενων ετών.
- Οι προδιαγραφές Publicly Available Specifications-2050 (PAS 2050) της BSI (British Standards Institution). Πρόκειται για ένα πρότυπο το οποίο είναι διαθέσιμο στο κοινό και το οποίο “χτίστηκε” πάνω σε ήδη υπάρχουσες μεθόδους προσδιορισμού κύκλου ζωής με στόχο τον προσδιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.
- Οι Οδηγίες Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) για αέρια του θερμοκηπίου.
- Οι Οδηγίες International Office for Standardization (ISO) 14064.
- Οι Οδηγίες ISO 14025.

- Οι Οδηγίες ISO 14067:2013. Προσδιορίζει τις αρχές, τις απαιτήσεις και τις οδηγίες για την ποσοτικοποίηση των αποτελεσμάτων του ανθρακικού αποτυπώματος ενός προϊόντος. Αφορά μόνο στην περιβαλλοντική επίπτωση της κλιματική αλλαγής.

2. ΣΑΛΙΓΚΑΡΟΤΡΟΦΙΑ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

2.1 Ιστορική ανασκόπηση – Εκτροφή σαλιγκαριών στην Ελλάδα (**Heliciculture**)

Η κατανάλωση των σαλιγκαριών ήταν γνωστή από την αρχαιότητα. Έχει διαπιστωθεί ότι από την Παλαιολιθική εποχή μέχρι την Ύστερη Εποχή του Χαλκού τα μαλάκια αποτέλεσαν σημαντική πηγή τροφής για τον άνθρωπο. Είναι επίσης αρχαιολογικά αποδεδειγμένο ότι τα μαλάκια αποτέλεσαν σημαντικό στοιχείο στη ζωή του νεολιθικού ανθρώπου ως τροφή και ως δόλωμα, ως κόσμημα και ως εργαλείο. Στην αρχαία Ρώμη διατηρούσαν τα σαλιγκάρια σε ειδικούς κήπους για πάχυνση πριν τα καταναλώσουν ως έδεσμα, ενώ από τα μέσα του 19ου αιώνα και μετά τα σαλιγκάρια άρχισαν να καταναλώνονται σε πολλές χώρες της Ευρώπης με σημαντικότερη τη Γαλλία. Παράλληλα τα χερσαία σαλιγκάρια χρησιμοποιήθηκαν ως θεραπευτικό μέσο για ένα μεγάλο αριθμό ασθενειών, ενώ τον 19ο αιώνα η εφαρμογή των θεραπευτικών ιδιοτήτων των σαλιγκαριών γινόταν πλέον με βελτιωμένες μεθόδους, όπως με χάπια, σιρόπι, αλοιφές ακόμα και με σοκολάτα σαλιγκαριών (Χατζηιωάννου & Στάικου 2015).

Στην φύση απαντώνται πάνω από 4000 είδη σαλιγκαριών ανά τον κόσμο, ενώ στην Ευρώπη 400 είδη. Από τα είδη των εδώδιμων σαλιγκαριών που διαβιούν στην Ευρώπη μόνο τα τέσσερα είναι εμπορεύσιμα: Το *Cornu aspersum* (συν. *Helix aspersa*, κοινό όνομα στην Ελλάδα: κρητικός κοχλίσος) είναι το πιο γνωστό και καλύπτει το 40% του ευρωπαϊκού εμπορίου, το *Helix pomatia* (σαλιγκάρι της Βουργουνδίας ή Ρωμαϊκό σαλιγκάρι ή εδώδιμο σαλιγκάρι) καλύπτει το 28% του εμπορίου, το *Helix lucorum* (Μαύρο ή τούρκικο σαλιγκάρι) καλύπτει το 22% και, τέλος, το ευρέως εξαπλωμένο είδος *Eobania vermiculata* καλύπτει το υπόλοιπο 8,5% του εμπορίου (Overview of the European Community 1993). Στην Ελλάδα κατά κύριο λόγο εκτρέφεται το είδος *Cornu aspersum* όσο και το υποείδος *Helix aspersa maxima*. Εκτροφή σαλιγκαριών γίνεται και

σε άλλες χώρες με ιδιαίτερα ανταγωνιστικές τιμές (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων 2012).

Σύμφωνα με στοιχεία του 2013 η Ιταλία είναι παγκόσμια πρώτη στον τομέα της εκτροφής σαλιγκαριών με ετήσιο όγκο πωλήσεων 265 εκατομμυρίων ευρώ (Forte et al., 2015) καθώς αντιπροσωπεύει μια ακμάζουσα και επιτυχημένη δραστηριότητα, χάρη στην αρχαία παράδοση διατροφής στις αγροτικές περιοχές της χώρας.

Στη χώρα μας, σύμφωνα με το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, ο κλάδος της Σαλιγκαροτροφίας υπάρχει εδώ και 30 χρόνια, αλλά παρουσίαζε για πολλά χρόνια στασιμότητα. Ωστόσο, παρόλο που η επαναδραστηριοποίηση του κλάδου τα τελευταία χρόνια ήταν έντονη, οι επίσημοι κρατικοί φορείς δεν προχώρησαν στην πλήρη ανάλυση και καταγραφή του. Από τις αρχές του 1960 άρχισαν να πραγματοποιούνται οι πρώτες εξαγωγές σαλιγκαριών που προέρχονταν από εγχώριους φυσικούς πληθυσμούς με προορισμό τη Γαλλία, ενώ στη διάρκεια της δεκαετίας του 1970 η αύξηση των εξαγωγών ήταν ραγδαία, με αποτέλεσμα να ιδρυθούν εμπορικές επιχειρήσεις καθώς και βιομηχανικές και βιοτεχνικές μονάδες επεξεργασίας σαλιγκαριών. Έτσι, η πρώτη περίοδος δραστηριοποίησης του κλάδου καταγράφηκε κατά τις δεκαετίες του 1970 - 1980, αλλά τελικά συρρικνώθηκε χωρίς να υπάρξει μεγάλη εξέλιξη. Σύμφωνα με τα διαθέσιμα στοιχεία του 2011, οπότε και έγινε για πρώτη φορά απογραφή από το Τμήμα Μελισσοκομίας, Σηροτροφίας και λοιπών ασπόνδυλων ζωικών οργανισμών του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, υπήρχαν στην Ελληνική επικράτεια 136 εκτροφεία σαλιγκαριών συνολικής έκτασης 575 στρεμμάτων, ενώ για το 2012 καταγράφηκαν 255 εκτροφεία σαλιγκαριών συνολικής έκτασης 1.389,3 στρεμμάτων (Χατζηγιάννου & Στάικου 2015). Παρόλα αυτά, ο πραγματικός αριθμός των εκτροφείων είναι απροσδιόριστος, διότι πολλές

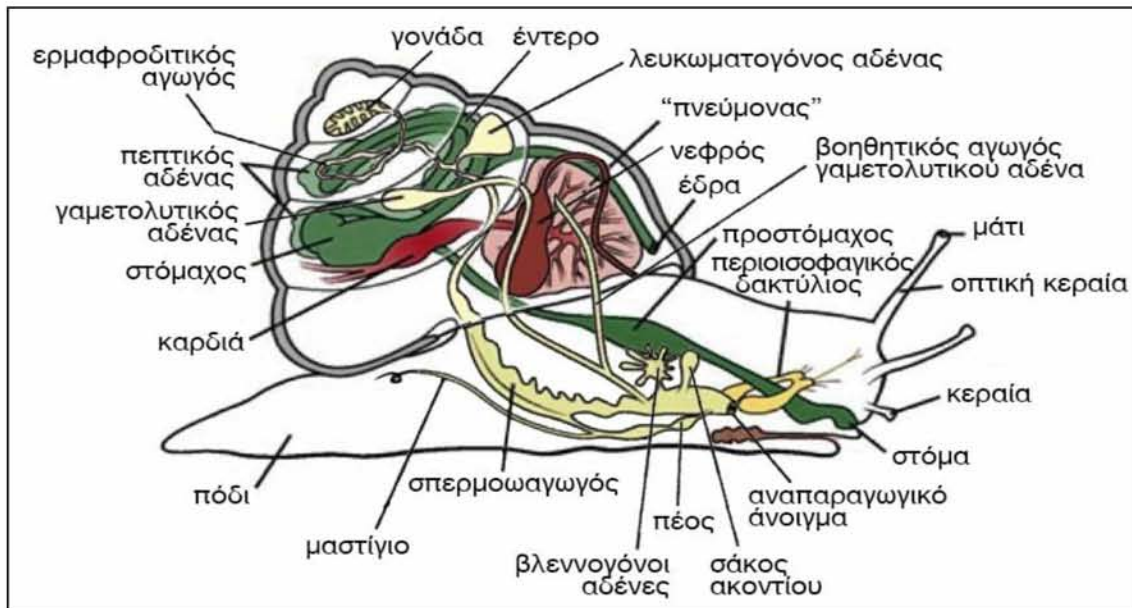
μονάδες εγκαταλείπονται στα πρώτα 2-3 χρόνια λειτουργίας τους, ενώ συγχρόνως ιδρύονται νέες, πολλές από τις οποίες όμως δε δηλώνονται στις αρμόδιες υπηρεσίες του Υπουργείου (Τμήματα Κτηνιατρικής των διευθύνσεων Αγροτικής Ανάπτυξης).

2.2 Μορφολογία, ανατομία, βιολογία & διατροφικές απαιτήσεις σαλιγκαριών

Τα χερσαία σαλιγκάρια ανήκουν στην κλάση Γαστερόποδα (Gastropoda) τού φύλου των Μαλακίων (Mollusca). Η συστηματική κατάταξη για τα πνευμονοφόρα χερσαία σαλιγκάρια είναι η ακόλουθη:

ΦΥΛΟ:	ΜΑΛΑΚΙΑ (MOLLUSCA)
ΚΛΑΣΗ:	ΓΑΣΤΕΡΟΠΟΔΑ (GASTROPODA)
ΚΛΑΔΟΣ (CLADE):	ΕΤΕΡΟΒΡΑΓΧΙΑ (HETEROBRANCHIA)
ΑΤΥΠΗ ΟΜΑΔΑ (INFORMAL GROUP):	ΠΝΕΥΜΟΝΟΦΟΡΑ (PULMONATA)
ΚΛΑΔΟΣ (CLADE):	EUPULMONATA
ΚΛΑΔΟΣ (CLADE):	STYLOMMATOPHORA

Τα σαλιγκάρια έχουν μαλακό σώμα, το οποίο προστατεύεται από το κέλυφος τους και χωρίζεται σε δύο τμήματα. Το ένα τμήμα περιλαμβάνει το πόδι και το κεφάλι, και το άλλο τμήμα τη σπλαχνική μάζα. Η σπλαχνική μάζα βρίσκεται συνεχώς προστατευμένη στο εσωτερικό του κελύφους, ενώ το πόδι, με τα όργανα που φέρει, μπορεί να εκβάλει από το κέλυφος, όταν το σαλιγκάρι έρπει, τρέφεται ή ζευγαρώνει, και μπορεί να αποσύρεται στο εσωτερικό του κελύφους σε περιόδους ανάπαυσης. Η γενική οργάνωση του σώματος ενός σαλιγκαριού φαίνεται στην Εικόνα 2.1.



Εικόνα 2.1: Σχέδιο οργάνωσης του σώματος χερσαίου σαλιγκαριού (Χατζηιωάννου & Στάικου 2015)

Το κέλυφος των σαλιγκαριών αποτελείται από οργανικά και ανόργανα συστατικά. Το κύριο ανόργανο συστατικό του είναι ο ασβεστίτης ή αραγωνίτης (ανθρακικό ασβέστιο) αντιπροσωπεύει 0,1 έως 5% του συνολικού βάρους του κελύφους (Χατζηιωάννου & Στάικου 2015).

Τα χερσαία σαλιγκάρια στη φύση τρέφονται με μια ποικιλία οργανικών υλικών, όπως τμήματα φυτών (τρυφεροί βλαστοί, σπέρματα, φύλλα), φυτικό υλικό σε αποσύνθεση, λειχήνες, βρύα, μύκητες, ξύλο, ακόμα και νεκρά ζώα. Επίσης, συχνά καταναλώνουν κόπρανα άλλων ζώων και χώμα (Μ. Χατζηιωάννου & Α. Στάικου 2015). Δραστηριοποιούνται και τρέφονται κυρίως τις νυκτερινές ώρες και κατά μέγιστο 2-3 ώρες αφού σκοτεινιάσει. Κατά τη διάρκεια της ημέρας κρύβονται σε καταφύγια που βρίσκουν ανάμεσα στα φυτά ή σε άλλες κατασκευές (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων 2012).

Για τα φυτοφάγα σαλιγκάρια το φυτικό υλικό αποτελεί το μεγαλύτερο κομμάτι της διαίτας τους. Ακολουθούν οι μύκητες, υλικό σε αποσύνθεση και χώμα. Τα σαλιγκάρια αποφεύγουν γενικά να καταναλώνουν σκληρά τμήματα των φυτών (σπόρους, σκληρούς βλαστούς) ή φυτά με ιδιαίτερα σκληρούς ιστούς, όπως είναι πολλά ποώδη φυτά. Αντίθετα, προτιμούν φυτά με μαλακά φύλλα, όπως είναι οι τσουκνίδες, τα βρύα ή φύλλα σε αποσύνθεση. Δεν υπάρχουν επαρκείς αναφορές για τις διαιτητικές ανάγκες των σαλιγκαριών σε ασβέστιο. Εκτιμάται, όμως, ότι απαιτούν μεγάλες ποσότητες ασβεστίου για την αύξηση και την αναπαραγωγή τους. Κάποιες μελέτες δείχνουν ότι τα σαλιγκάρια, στο φυσικό τους περιβάλλον, καταναλώνουν τακτικά χώμα για την πρόσληψη ασβεστίου, αλλά και προσροφούν από το έδαφος επιλεγμένα ιόντα, συμπεριλαμβανομένου του ασβεστίου, μέσω της επιφάνειας του ποδιού. Υποστηρίζεται, επιπλέον, ότι τα σαλιγκάρια τείνουν να συγκεντρώνονται σε εδάφη πλούσια σε ασβέστιο, που επιτρέπουν τη συγκράτηση της απαραίτητης υγρασίας, αλλά και την καλή αποστράγγιση. Κατά συνέπεια, δεν απατώνται συχνά σε αργιλώδη εδάφη που χαρακτηρίζονται από χαμηλές συγκεντρώσεις ασβεστίου.

Σε μια μονάδα εκτροφής σαλιγκαριών σημαντικό ρόλο παίζει η διαχείριση του είδους της σίτισης των σαλιγκαριών, έτσι ώστε να οδηγεί σε γρήγορη αύξηση και σε ελάχιστες απώλειες τροφής, με σκοπό τη μείωση του κόστους εκτροφής και την ελαχιστοποίηση της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος. Το σιτηρέσιο που χορηγείται στα ζώα είναι ποιοτικά και ποσοτικά ανάλογο με το ηλικιακό στάδιο των σαλιγκαριών (νεαρά, ενήλικα, γεννητικά ώριμα) (Χατζιωάννου & Στάικου 2015).

2.3 Συστήματα εκτροφής

Η εκτροφή των σαλιγκαριών μπορεί να γίνει είτε σε ανοικτά εκτροφεία είτε σε κλειστές εγκαταστάσεις, αξιοποιώντας τη φυτική βλάστηση ή/και τεχνητά σιτηρέσια. Η επιλογή του τρόπου εκτροφής και διατροφής των σαλιγκαριών εξαρτάται από το διαθέσιμο κεφάλαιο εγκατάστασης και λειτουργίας, την τεχνογνωσία του εκτροφέα, το επιχειρηματικό πλάνο και άλλους παράγοντες. Στη βιβλιογραφία συχνότερα περιγράφονται οι παρακάτω τρεις τύποι εκτροφής σαλιγκαριών:

α. Εκτροφή σε ανοιχτό χώρο / ανοικτή εκτροφή: αποτελεί το παλαιότερο σύστημα εκτροφής στη σαλιγκαροτροφία. Η παραγωγή γίνεται σε περιφραγμένα αγροκτήματα, όπου καλλιεργούνται φυτά που αποτελούν και την τροφή των σαλιγκαριών. Τα σαλιγκάρια μπορεί να σιτίζονται συστηματικά ή περιστασιακά και με χλωρά φυτά, που είτε καλλιεργεί ο παραγωγός ή προμηθεύεται από το εμπόριο. Η μέθοδος παρουσιάζει πλεονεκτήματα, όπως καλή ποιότητα προϊόντος, σχετικά μικρό ύψος επένδυσης και χαμηλό κόστος παραγωγής, αλλά και μειονεκτήματα, όπως οι μη ελεγχόμενες συνθήκες παραγωγής και η μικρότερη παραγωγικότητα.

β. Εκτροφή σε κλειστό χώρο / κλειστή ή εντατική εκτροφή: όλες οι συνθήκες στους χώρους εκτροφής είναι ελεγχόμενες και όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας γίνονται σε κτήριο ή σε θερμοκήπιο σε τεχνητό περιβάλλον. Οι παράμετροι που ελέγχονται είναι η θερμοκρασία του αέρα, η σχετική υγρασία του αέρα και ο φωτισμός (ένταση και διάρκεια). Τα σαλιγκάρια τρέφονται με αποξηραμένα σιτηρέσια και σπανιότερα με χλωρά φυτά (λαχανικά, κυρίως). Η μέθοδος έχει το πλεονέκτημα της μηδενικής εξάρτησης από τις κλιματικές συνθήκες και της περιορισμένης εξάρτησης από άλλους

αστάθμητους παράγοντες, αλλά απαιτεί υψηλή επένδυση και μεγάλο κόστος παραγωγής, παράγοντες που δεν την καθιστούν βιώσιμη.

γ. Εκτροφή με συνδυασμό κλειστού και ανοιχτού χώρου/μικτή ή ημι-εντατική εκτροφή: στην περίπτωση αυτή τα σαλιγκάρια αναπαράγονται σε κτήριο κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες και μετά από μια περίοδο προπάχυνσης, που διαρκεί έως και 8 εβδομάδες, μεταφέρονται σε εξωτερικούς χώρους για την πάχυνση μέχρι το εμπορεύσιμο μέγεθος και την ωρίμανση του αναπαραγωγικού συστήματος. Η μέθοδος αυτή, που αφορά αποκλειστικά τα είδη *Cornu aspersum* και *Helix aspersa maxima*, έχει υιοθετηθεί και στην Ελλάδα, όπου τα σαλιγκάρια τρέφονται με αποξηραμένα σιτηρέσια. Η μέθοδος έχει το πλεονέκτημα της υψηλής παραγωγικότητας και της μικρότερης εξάρτησης από τις κλιματικές συνθήκες ή άλλους αστάθμητους παράγοντες, αλλά απαιτεί υψηλότερη επένδυση και μεγαλύτερο κόστος παραγωγής.

Το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων της Ελλάδας παρουσιάζει στη χώρα μας δύο συστήματα εκτροφής, το ανοιχτό και το κλειστό, αποδεχόμενο τη διάκριση με βάση την ύπαρξη ή μη καλυμμένης κτηνοτροφικής εγκατάστασης. Στην πραγματικότητα υπάρχουν στην Ελλάδα όλα τα συστήματα εκτροφής που προαναφέρθηκαν αλλά και συνδυασμοί αυτών (Μ. Χατζηγιωάννου & Α. Στάικου 2015).

2.4 Περιβαλλοντικές απαιτήσεις εδωδιμών σαλιγκαριών

Η παρουσία χερσαίων σαλιγκαριών σε κάποια περιοχή εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, κυριότεροι των οποίων είναι το κλίμα, η διαθεσιμότητα του ασβεστίου στο έδαφος και η παρουσία κατάλληλων μικροενδιαιτημάτων. Για τα χερσαία σαλιγκάρια, τα οποία ανήκουν στην υγρόφιλη χερσαία πανίδα, η θερμοκρασία

αλλά, κυρίως, η υγρασία είναι οι πλέον σημαντικοί κλιματικοί παράγοντες που καθορίζουν την παρουσία τους σε μια περιοχή και γενικότερα το εύρος της γεωγραφικής τους εξάπλωσης. Όλες οι δραστηριότητές τους, όπως η κίνηση, η τροφοληψία και η αναπαραγωγή, εξαρτώνται και περιορίζονται χρονικά και τοπικά από τη θερμοκρασία και, κυρίως, από την υγρασία του περιβάλλοντος (Χατζηιωάννου & Στάικου 2015).

Στη φύση τα σαλιγκάρια ζουν 6-7 χρόνια. Σε αιχμαλωσία έχουν φτάσει και τα 12 χρόνια. Τα τρία εδώδιαμα είδη που παρουσιάζουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον για εκτροφή, έχουν τις ακόλουθες απαιτήσεις ως προς τις περιβαλλοντικές συνθήκες (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων 2012):

Πίνακας 2.1: Περιβαλλοντικές απαιτήσεις για τα πιο εμπορικά είδη σαλιγκαριών

Είδος	Περιβαλλοντικές απαιτήσεις
<i>Helix aspersa</i>	Ευαίσθητο στο ψύχος. Προτιμά γλυκά κλίματα, παραθαλάσσιες περιοχές και ελαφρό αρόσιμο έδαφος. Υψόμετρο μέχρι τα 1000μ.
<i>Helix pomatia</i>	Ανθεκτικό σε ηπειρωτικό κλίμα. Για ασβεστούχα πρωτογενή εδάφη και μάλιστα κρητιδικά. Υψόμετρο μέχρι τα 1800μ.
<i>Helix lucorum</i>	Προτιμά ζώνες υψηλές, δροσερές σκιαζόμενες, πλούσιες σε ασβέστιο, χωρίς άμεση επίδραση θαλάσσιων ανέμων.

Σε γενικές γραμμές τα σαλιγκάρια έχουν ανάγκη υγρασίας μεταξύ 65-75% την ημέρα και 85-95% τη νύχτα (μπορεί ανάλογα με το είδος να υπάρχουν κάποιες διαφοροποιήσεις ως προς το βέλτιστο). Σε πολύ ξηρή αλλά και αντιστρόφως σε πολύ υγρή ατμόσφαιρα (κεκορεσμένη) καταστρέφονται. Ως προς τον φωτισμό τα ευνοεί ο διάχυτος φωτισμός, ενώ ο άμεσος φωτισμός και η έντονη ακτινοβολία μπορεί να τα οδηγήσει σε ξήρανση και θάνατο. Το έδαφος που προτιμούν είναι ασβεστούχο, τέτοιας σύστασης ώστε και να συγκρατεί την απαραίτητη υγρασία, αλλά και να αποστραγγίζει καλά. Τα σαλιγκάρια δε μπορούν να σκάσουν σε σκληρή, ξηρή άργιλο, ενώ το

ασβέστιο τους είναι απαραίτητο για το σχηματισμό του κελύφους. Η περιεκτικότητα του εδάφους σε 20-40% οργανική ουσία θεωρείται καλή. Τα σαλιγκάρια προτιμούν τη νηνεμία και το ελαφρό αεράκι. Ο έντονος άνεμος προκαλεί την αφυδάτωση τους (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων 2012).

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ, ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Αντικείμενο και στόχος εργασίας

Στην παρούσα μελέτη, θα πραγματοποιηθεί η εκτίμηση του ανθρακικού αποτυπώματος (CF) των δύο τύπων εκτροφής σαλιγκαριών με την τεχνική της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής - AKZ (Life Cycle Assessment - LCA), η οποία περιλαμβάνει τη συλλογή και την αξιολόγηση των εισροών, των εκροών και των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων του προϊόντος σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής του. Επιλέχθηκε η προσέγγιση της ανάλυσης κύκλου ζωής με τη μεθοδολογία «cradle to grave», σύμφωνα με την οποία ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος εκτιμάται από την απόκτηση των πρώτων υλών που απαιτούνται για τη δημιουργία του προϊόντος και τελειώνει στο σημείο όπου όλα τα υλικά επιστρέφονται στη γη. Μέρος της έρευνας αποτέλεσε η καταγραφή των πρώτων και βοηθητικών υλών για την κατασκευή και λειτουργία των μονάδων εκτροφής, τη μεταφορά τους, τη χρήση ενέργειας και τις διαδικασίες παραγωγής μέχρι και το σημείο πριν διατεθεί το προϊόν προς πώληση. Τα δεδομένα για τις ποσότητες εισροών – εκροών συλλεχθήκαν επιτόπου στις μονάδες εκτροφής σαλιγκαριών σε συνεργασία με τους ιδιοκτήτες την Άνοιξη και το Καλοκαίρι του έτους 2017 και μοντελοποιήθηκαν με το λογισμικό openLCA.

Ο σκοπός του παρόντος εκπονήματος είναι να ποσοτικοποιήσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που αποδίδονται στην παραγωγή των σαλιγκαριών, ώστε να συγκριθούν στη συνέχεια με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλούνται από άλλες πηγές πρωτεϊνών. Επιπλέον, έχοντας ποσοτικοποιηθεί οι επιπτώσεις, μπορούν να προσδιοριστούν οι σημαντικές πηγές εκπομπών και να δοθεί προτεραιότητα στα σημεία με την μέγιστη δυνατότητα μείωσης αυτών, αυξάνοντας έτσι την περιβαλλοντική

αποτελεσματικότητα και αξιοποιώντας με το βέλτιστο τρόπο το οικονομικό κόστος των παρεμβάσεων.

3.2 Υπολογισμός CF με τη μέθοδο της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής

Η μέτρηση του ανθρακικού αποτυπώματος γίνεται σε περιοδική βάση (π.χ. ετησίως ή κάθε λίγα χρόνια) και καλύπτει την εκτίμηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος στα διαφορετικά στάδια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος (Life Cycle Assessment) (Πραματάρη & Κυριακούλιας 2014). Ορισμένες χώρες και οργανισμοί έχουν ορίσει δικές τους οδηγίες για τον υπολογισμό του ανθρακικού αποτυπώματος όπως το τμήμα τροφίμων και αγροτικών θεμάτων στην Μεγάλη Βρετανία (DEFRA) και η υπηρεσία προστασίας του περιβάλλοντος (EPA) στις Η.Π.Α. Πρόκειται για ένα από τα χαρακτηριστικά εργαλεία Περιβαλλοντικής Διαχείρισης το οποίο είναι ήδη επαρκώς ανεπτυγμένο και έχει χρησιμοποιηθεί σε μεγάλη κλίμακα παρουσιάζοντας αξιόλογα θετικά αποτελέσματα (οικονομικά και περιβαλλοντικά) (Ζουμπούλης και συν. 2015 “Ανάλυση Κύκλου Ζωής”). Το εργαλείο αυτό έρχεται να αναλύσει τις διεργασίες, να ορίσει ένα ανθρωποκεντρικό και περιβαλλοντικό πλαίσιο δράσης βασισμένο στην έννοια της «αειφόρου ανάπτυξης». Έρχεται να καθοδηγήσει τους κατασκευαστές στη βελτίωση των προϊόντων τους μέσα σε ένα περιβαλλοντικά αποδεκτό προφίλ και να ενημερώσει τους καταναλωτές και χρήστες (U.S. EPA, 2006). Εφαρμόζεται από κυβερνήσεις, ιδιωτικές εταιρείες, οργανώσεις καταναλωτών και περιβαλλοντικές οργανώσεις ως ένα εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων. Το αντικείμενο των αποφάσεων που μπορούν να υποστηριχτούν από μία LCA ποικίλει από πολύ ευρείες πολιτικές επιλογές μέχρι απλές συγκεκριμένες επιλογές προϊόντων ή χαρακτηριστικών των προϊόντων κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού (Διακάκη & Γρηγορούδης 2008).

Η **Ανάλυση Κύκλου Ζωής (Life Cycle Analysis, LCA)** πρωτοεμφανίστηκε κατά τη δεκαετία 1960-1970 όταν οι επιστήμονες άρχισαν να προβληματίζονται από την εξάντληση των φυσικών πόρων και των αποθεμάτων μη ανανεώσιμης ενέργειας. Η πρώτη ανάλυση κύκλου ζωής προϊόντος έγινε στη βιομηχανία της Coca-Cola® το 1969, για την τυποποίηση των προϊόντων της. Όταν η πετρελαϊκή κρίση άρχισε να διευρύνεται, το ενδιαφέρον για την ανάλυση κύκλου ζωής σημείωσε μεγάλη αύξηση και άρχισε να εφαρμόζεται και σε άλλες αμερικάνικες επιχειρήσεις. Ταυτόχρονα άρχισε και η εφαρμογή της και στην Ευρώπη. Κατά τη δεκαετία 1980-1990, μειώθηκε το ενδιαφέρον για τη μέθοδο στις ΗΠΑ και αυξήθηκε στην Ευρώπη. Στην πενταετία 1990-1995 αναπτύχθηκε η επίσημη μεθοδολογία της ανάλυσης κύκλου ζωής και από εκείνο το σημείο μέχρι σήμερα, εξαπλώθηκε διεθνώς (Αμπελιώτης 2002).

Ο Ορισμός της LCA από την Εταιρεία Περιβαλλοντικής Τοξικολογίας και Χημείας (Society of Environmental Toxicology and Chemistry, SETAC) (Lindfors et al., 1995c) αναφέρει ότι πρόκειται για μια διαδικασία αξιολόγησης της περιβαλλοντικής επίπτωσης που σχετίζεται με ένα σύστημα παραγωγής, ή με μια δραστηριότητα και η οποία περιλαμβάνει ολόκληρο τον κύκλο ζωής του προϊόντος ή της δραστηριότητας, περικλείοντας την εξόρυξη και την επεξεργασία των πρώτων υλών, την παραγωγή, τη διάθεση, τη χρήση, την επαναχρησιμοποίηση, τη συντήρηση, την ανακύκλωση και την τελική απόρριψη συμπεριλαμβανομένων όλων των μεταφορών.

Σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (International Organization for Standardization, ISO / Final Draft International Standard, FDIS (1997), η LCA είναι μία τεχνική για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών πλευρών και των πιθανών επιδράσεων που σχετίζονται με ένα προϊόν, μέσω:

- α) της σύνθεσης μιας καταγραφής των σχετικών εισροών και εκροών ενός συστήματος,
- β) της αξιολόγησης των πιθανών περιβαλλοντικών επιδράσεων που σχετίζονται με αυτές τις εισροές-εκροές και
- γ) της ερμηνείας των αποτελεσμάτων των φάσεων της καταγραφής και των επιδράσεων σε σχέση με τους στόχους της μελέτης.

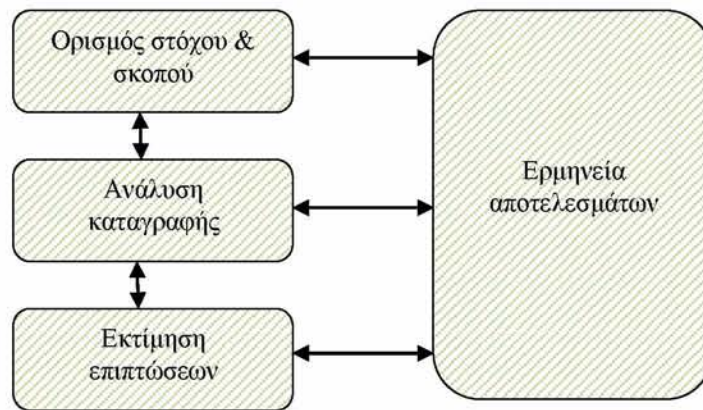
Η LCA μελετά τις περιβαλλοντικές πλευρές και τις πιθανές επιδράσεις κατά τη διάρκεια της ζωής ενός προϊόντος από την απόκτηση των πρώτων υλών μέχρι την παραγωγή, τη χρήση και την απόρριψη. Οι γενικές κατηγορίες περιβαλλοντικών επιδράσεων που πρέπει να ληφθούν υπόψη περιλαμβάνουν τη χρήση πόρων, την ανθρώπινη υγεία και τις οικολογικές συνέπειες.

Ο Διεθνής Οργανισμός Πιστοποίησης (International Organization for Standardization) ISO είναι ένας ιδιωτικός οργανισμός για όλο τον κόσμο, συμπεριλαμβανομένων τόσο των εκβιομηχανισμένων χωρών όσο και των αναπτυσσόμενων, που στόχο έχει να πιστοποιήσει/τυποποιήσει ένα ευρύ φάσμα προϊόντων και υπηρεσιών. Νεώτερος ορισμός της LCA από τον ISO 14040 (2006) αναφέρει τα εξής: «Η LCA κατευθύνει τις περιβαλλοντικές πλευρές και τις πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος από την απόκτηση των πρώτων υλών, της παραγωγής, της χρήσης, της διαχείρισης στο τέλος της ζωής του (end-of-life treatment), της ανακύκλωσης και της τελικής απόρριψής του. Είναι η σύνθεση και η αξιολόγηση των εισροών, εκροών και των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων του συστήματος ενός προϊόντος σε όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του».

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Τυποποίησης (International Organization for Standardization, ISO), η μέθοδος AKZ χωρίζεται σε τέσσερις κύριες φάσεις, οι οποίες αλληλοσυνδέονται:

1. Ορισμός στόχου και σκοπού (goal-scope)
2. Ανάλυση καταγραφής (life cycle inventory analysis)
3. Εκτίμηση επιπτώσεων (life cycle impact assessment)
4. Εξήγηση αποτελεσμάτων

Με τον ορισμό στόχου και σκοπού γίνεται καθορισμός και περιγραφή του προϊόντος, της διεργασίας ή της υπηρεσίας που θα εξεταστεί, ενώ παράλληλα γίνεται και καθορισμός του πλαισίου στο οποίο θα γίνει η ανάλυση και προσδιορισμός των ορίων και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που θα εξεταστούν. Η ανάλυση καταγραφής περιλαμβάνει τον προσδιορισμό και την ποσοτικοποίηση της ενέργειας, του νερού και των υλικών που χρησιμοποιούνται, καθώς και των περιβαλλοντικών εκπομπών (π.χ. εκπομπές στον αέρα, στερεά απόβλητα, υγρά απόβλητα) κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του προϊόντος, της διεργασίας ή της υπηρεσίας που εξετάζεται. Η εκτίμηση επιπτώσεων αφορά στην αποτίμηση των επιπτώσεων στον άνθρωπο και στο περιβάλλον που οφείλονται στη χρήση ενέργειας, νερού και υλικών και στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προσδιορίστηκαν στην ανάλυση του καταλόγου απογραφής και τέλος με την ερμηνεία αποτελεσμάτων γίνεται αξιολόγηση της ανάλυσης και αποτίμησης των επιπτώσεων.



Σχήμα 3.1: Σχηματική απεικόνιση της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (LCA)

Σύμφωνα με τον Οργανισμό **Περιβαλλοντικής Τοξικολογίας και Χημείας** (Society of Environmental Toxicology and Chemistry - **SETAC**), η AKZ παρέχει ένα τρόπο αξιολόγησης των περιβαλλοντικών κινδύνων που σχετίζονται με ολόκληρο τον κύκλο ζωής κάποιου προϊόντος ή υπηρεσίας «cradle to grave». Η AKZ ποσοτικοποιεί τις εισροές και εκροές σε/από το κάθε στάδιο του κύκλου ζωής της παραγωγής και στη συνέχεια τις συσχετίζει με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

3.3 Συλλογή Δεδομένων

Για την εκπόνηση της εργασίας πραγματοποιήθηκαν επισκέψεις σε μονάδες εκτροφής σαλιγκαριών της Θεσσαλίας από τις οποίες συλλέχθηκαν όλα τα δεδομένα και οι πληροφορίες που απαιτούνται για την ποσοτικοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και πιο συγκεκριμένα για τον υπολογισμό του ανθρακικού αποτυπώματος (CF), που προκαλούνται από την κατασκευή και λειτουργία αυτών των μονάδων. Αντικείμενο της έρευνας αποτέλεσε η καταγραφή των πρώτων και βοηθητικών υλών για την κατασκευή και λειτουργία των μονάδων εκτροφής σαλιγκαριών, η μεταφορά

τους, η χρήση ενέργειας και οι διαδικασίες παραγωγής μέχρι και το σημείο πριν διατεθεί το προϊόν στην αγορά.

Τα ερευνητικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για τη συλλογή των στοιχείων, κατά τη διάρκεια της επιτόπιας έρευνας, ήταν η συμπλήρωση ερωτηματολογίου, με ανοιχτές, κλειστές, διχοτομικές και ερωτήσεις πολλαπλής απάντησης και η μη δομημένη συνέντευξη, προκειμένου να διευκρινιστούν κάποιες απαντήσεις και να γίνει βαθύτερη ανάλυση και καλύτερη ερμηνεία αυτών. Το ερωτηματολόγιο συντάχθηκε σύμφωνα με τα στάδια της μεθοδολογίας LCA.

3.4 Περιγραφή λογισμικού openLCA

Ο υπολογισμός του ανθρακικού αποτυπώματος στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της μεθόδου Αξιολόγησης Κύκλου Ζωής με τη βοήθεια του λογισμικού προγράμματος openLCA software version 1.6. Το openLCA είναι ένα open source λογισμικό για την Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής (LCA) και τη Βιώσιμη Αξιολόγηση και μπορεί να έχει εφαρμογή σε διάφορους τομείς. Δημιουργήθηκε το 2007 από την Green Delta και αποτελεί τη μεγαλύτερη συλλογή δεδομένων LCA και βιωσιμότητας στον κόσμο. Έχει διεξαχθεί μια σημαντική έρευνα/δουλειά για το openLCA, προκειμένου να ευθυγραμμίσει και να εναρμονίσει τις ροές διαφορετικών βάσεων δεδομένων και μεθόδων LCA. Ο ιστότοπος openLCA Nexus περιέχει περισσότερα από 30.000 σύνολα δεδομένων, από διαφορετικές πηγές, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανεξάρτητα ή συνδυασμένα σε ένα ενιαίο σύστημα στο openLCA.

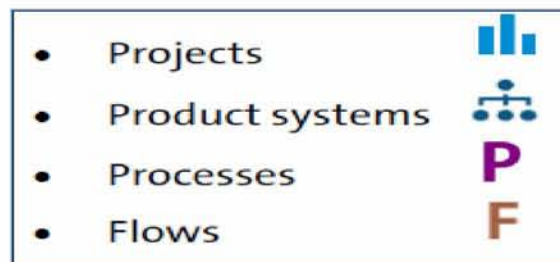
Για την εισαγωγή βάσεων δεδομένων χρησιμοποιούνται μορφές αρχείων όπως zolca, Ecospold1 & Ecospold2, Excel, ILCD και SimaPro CSV. Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε zolca μορφή αρχείου για βάση δεδομένων ELCD της Ευρωπαϊκής

Επιτροπής (Joint Research Centre from the European Commission). Η μέθοδος αξιολόγησης επιπτώσεων που χρησιμοποιήθηκε είναι CML (non baseline) (v. 4.4, January 2015).

Όπως προαναφέρθηκε το openLCA μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορους τομείς, όπως:

- ❖ στην εκτίμηση περιβαλλοντικού κύκλου ζωής (environmental LCA)
- ❖ στην οικονομική αξιολόγηση κύκλου ζωής (economic Life Cycle Costing-LCC)
- ❖ στην κοινωνική αξιολόγηση κύκλου ζωής (social LCA)
- ❖ στο αποτύπωμα άνθρακα και νερού (Carbon and Water Footprint)
- ❖ στο σχεδιασμός για Περιβάλλον (Design for Environment, DfE)
- ❖ στη διακήρυξη περιβαλλοντικών προϊόντων (Environmental Product Declaration, EDP).

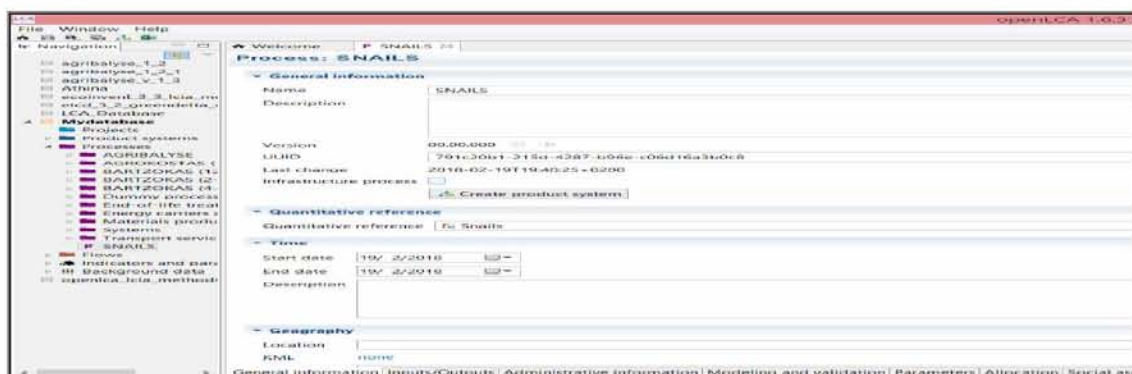
Κάθε μοντέλο συστήματος είναι δομημένο με τον ίδιο τρόπο και περιέχει τα ακόλουθα στοιχεία: Projects, Product systems, Processes, Flows, όπως απεικονίζονται στην Εικόνα 3.3.



Εικόνα 3.3: Στοιχεία συστήματος στο openLCA

Για να δημιουργηθεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα, αρχικά δημιουργούνται οι ροές “Flows”. Οι ροές είναι όλες οι εισροές και εκροές προϊόντων, υλικών ή ενέργειας οι οποίες ορίζονται από ένα όνομα, έναν τύπο και μια ιδιότητα.

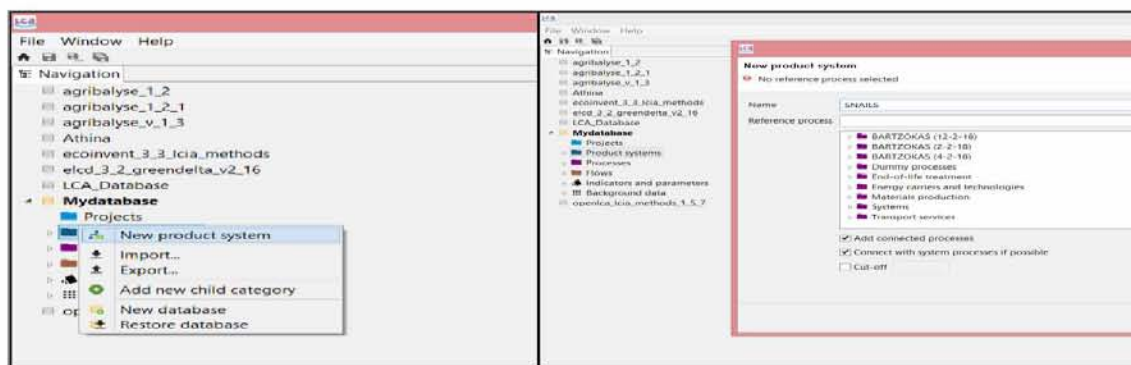
Η “διεργασία” (process) που δημιουργείται εμφανίζεται με την ακόλουθη μορφή:



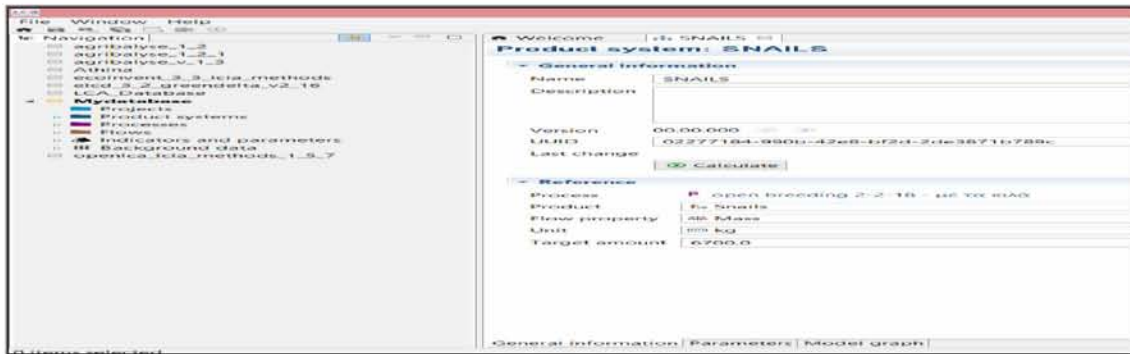
Εικόνα 3.6: Process

Όπως φαίνεται στην παραπάνω Εικόνα 3.6, το “παράθυρο” Process αποτελείται από πολλές καρτέλες (tabs) στο κάτω μέρος. Στην καρτέλα inputs/outputs γίνεται προσθήκη όλων των εισροών (inputs), καθώς και των ποσοτήτων τους.

Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία εισαγωγής των εισροών δημιουργείται το Σύστημα Προϊόντος (Product System), το οποίο περιέχει όλες τις υπό μελέτη διεργασίες. Το Product System μπορεί να αποτελείται από μία μόνο διεργασία ή από ένα δίκτυο πολλαπλών διεργασιών και καθορίζεται από τη διεργασία αναφοράς.



Εικόνα 3.7: Τρόπος δημιουργίας Product System

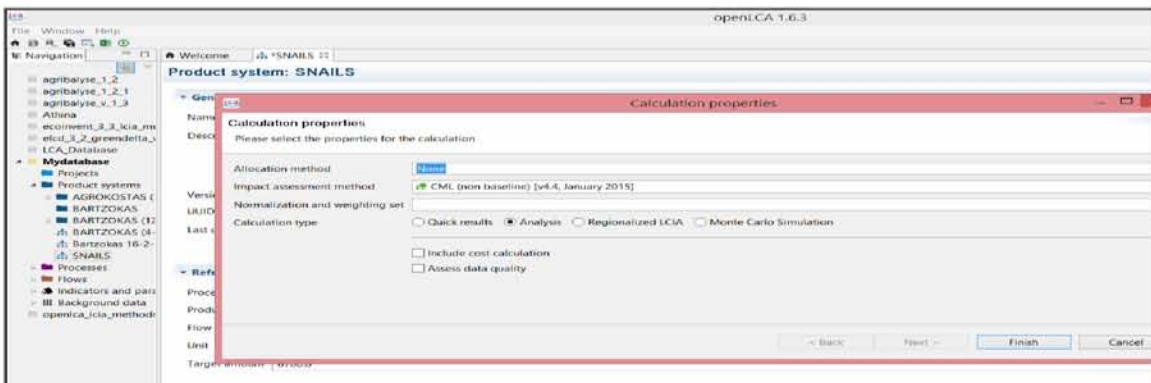


Εικόνα 3.8: Product System

Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα 3.8, το “παράθυρο” Product System αποτελείται από τρεις καρτέλες (tabs) στο κάτω μέρος. Το γράφημα μοντέλου (model graph) απεικονίζει το product system που δημιουργήθηκε, όπως αποτυπώνεται στην εικόνα 3.9, ενώ στην καρτέλα General Information επιλέγοντας το calculate και την ανάλογη μέθοδο πραγματοποιείται πρόσβαση στην εκτίμηση επιπτώσεων (Εικόνες 3.8 και 3.10)

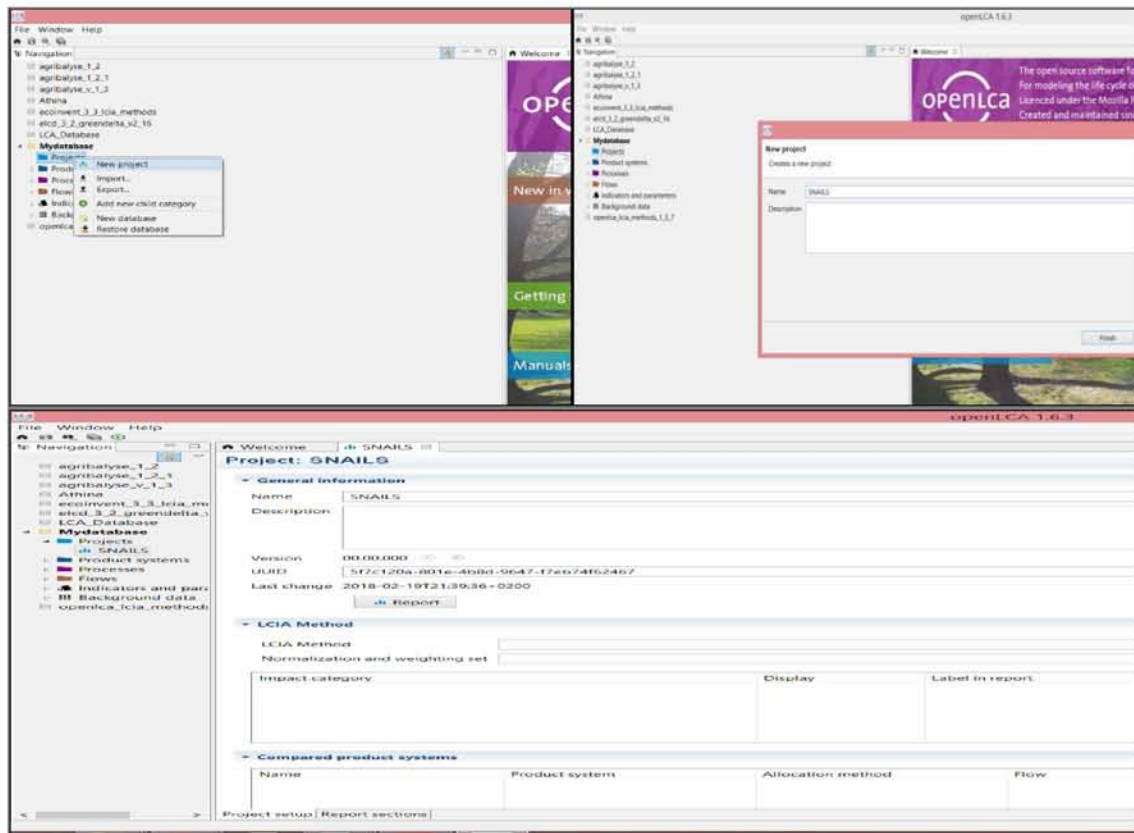


Εικόνα 3.9: Model graph



Εικόνα 3.10: Calculation properties

Στο openLCA, τα projects μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη σύγκριση των επιπτώσεων των διαφόρων συστημάτων προϊόντων (product systems). Έτσι δημιουργείται ένα project, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.11, επιλέγοντας την κατηγορία της επίπτωσης η οποία πρόκειται να αξιολογηθεί. Ένας άλλος τρόπος σύγκρισης product systems είναι η “εξαγωγή” και των δύο στο Excel.



Εικόνα 3.11: Δημιουργία Project

Είναι προφανές ότι με τη χρήση του συγκεκριμένου λογισμικού μπορεί να επιτευχθεί ουσιαστική αντιμετώπιση ορισμένων περιβαλλοντικών επιπτώσεων και αυτό γιατί το openLCA επιτρέπει την αναπροσαρμογή των ήδη ενσωματωμένων διενεργειών (processes).

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1 Γενικές παραδοχές για τις υπό μελέτη μονάδες εκτροφής

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει περιγραφή των δύο τύπων μονάδων εκτροφής, όπως περιγράφηκαν στην ενότητα 2.3 του Κεφαλαίου 2 και θα παρουσιαστούν τα δεδομένα που συλλέχθηκαν σε συνεργασία με τους ιδιοκτήτες τους. Και στις δύο περιπτώσεις επιλέχθηκε μια προσέγγιση κύκλου ζωής «από το λίκνο ως την έξοδο από το αγρόκτημα», πράγμα που σημαίνει ότι ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος εκτιμήθηκε έως τη στιγμή που το προϊόν φεύγει από το αγρόκτημα.

Ως λειτουργική μονάδα καθορίστηκε το 1 κιλό νωπών – ζωντανών σαλιγκαριών και όλα τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί, έχουν αναχθεί στο 1 στρέμμα. Στην παρούσα μελέτη δεν υπολογίστηκαν οι εκπομπές CO₂ από την αλλαγή χρήσης γης, λόγω έλλειψης μεθοδολογίας, παρόλο που είναι γνωστές για την επιρροή τους στο τελικό αποτέλεσμα του ανθρακικού αποτυπώματος. Επιπλέον, δεν λήφθηκε υπόψη η πιθανή μακροχρόνια αποθήκευση άνθρακα στο κέλυφος των σαλιγκαριών με συνεπαγόμενη δυνητική δέσμευση CO₂ και πιθανή μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος κατά 18% (Forte et al. 2015).

4.2 Ανοιχτή εκτροφή βιολογικού κύκλου (E1)

4.2.1 Αναλυτική περιγραφή εκτροφής

Τα δεδομένα συλλέχθηκαν έπειτα από επιτόπια επίσκεψη κατά τον μήνα Ιούλιο του έτους 2017 στην ανοιχτού τύπου μονάδα εκτροφής σαλιγκαριών. Ο ανοιχτός τύπος εκτροφής είναι ο πιο παλιός και η ολοκλήρωση των σταδίων του παραγωγικού κύκλου, ήτοι αναπαραγωγή σαλιγκαριών, επώαση και εκκόλαψη αυγών, αύξηση γόνου και πάχυνση σαλιγκαριών, πραγματοποιείται στο αγρό. Η λειτουργία της προαναφερθείσας

μονάδας ξεκίνησε το 2014 με την συνολική έκταση να ανέρχεται στα 15 στρέμματα. Το εκτρεφόμενο είδος είναι το *Cornu aspersum* (*Helix aspersa*).

Το αγρόκτημα εξωτερικά φέρει περίφραξη από ανοξείδωτη λαμαρίνα και σήτα ολικού ύψους 2m. Εσωτερικά διαμορφώνεται ο λειτουργικός χώρος της εκτροφής, ο οποίος αποτελείται από πενήντα (50) επιμήκη πεδία (ενότητες ή παρτέρια), εμβαδού 165 m² το καθένα, για την καλλιέργεια των φυτών και τη διαχείριση του πληθυσμού των εκτρεφόμενων σαλιγκαριών. Το κάθε πεδίο φέρει περίφραξη από ξύλινους πασσάλους καστανιάς, ύψους 1,5 m (13 πάσσαλοι ανά πεδίο) και δίχτυ πολυαιθυλενίου HD ύψους 1 m, αναδιπλωμένο προς το εσωτερικό για την αποφυγή της διαφυγής των σαλιγκαριών. Ανάμεσα στα πεδία κατασκευάστηκαν διάδρομοι, για την διαχείριση των φυτών και των σαλιγκαριών, το πλάτος των οποίων ανέρχεται στο 1 m, ενώ εντός της περίφραξης, περιμετρικά του κάθε πεδίου, τοποθετήθηκε σύστημα υδρονέφωσης χαμηλής πίεσης με ψεκασμό νερού. Το σύστημα περιλαμβάνει αντλία παροχής νερού, λάστιχα πολυαιθυλενίου διαμέτρου Φ40 mm, τα οποία τοποθετήθηκαν πάνω στην εσωτερική περίφραξη κάθε πεδίου και μπεκ για την παροχή νερού.



Εικόνα 4.1: Αγρόκτημα ανοιχτής εκτροφής σαλιγκαριών με επιμήκη πεδία και διαδρόμους (Μ. Χατζηιωάννου & Α. Στάικου 2015)

Εντός των πεδίων υπάρχουν τριάντα (30) ξύλινα καταφύγια μήκους 1 m έκαστο, υπό μορφή “Λ” με μήκος κάθε κεκλιμένης πλευράς περίπου 20 cm, ενώ για την προστασία από τις χαμηλές θερμοκρασίες κατά τους χειμερινούς μήνες, τοποθετήθηκε αντιπαγετικό ύφασμα από πολυπροπυλένιο, 10 cm πάνω από το έδαφος, καλύπτοντας την επιφάνεια του κάθε πεδίου, ήτοι 165 m².

Για την καλή λειτουργία της εκτροφής προβλέφθηκαν η ανόρυξη αρδευτικής γεώτρησης και η κατασκευή κτιριακής εγκατάστασης - αποθήκης. Η παροχή της γεώτρησης είναι τέτοια ώστε να καλύπτει τις λειτουργικές ανάγκες της δραστηριότητας, ήτοι 30 m³/ημέρα, ενώ η αποθήκη εμβαδού 27 m² κατασκευάστηκε από πάνελ και πολυουρεθάνη και χρησιμοποιείται για την προσωρινή αποθήκευση των σαλιγκαριών μετά τη συγκομιδή τους και την αποθήκευση εργαλείων και υλικών, απαραίτητων στην παραγωγική διαδικασία. Επιπρόσθετα αναφέρεται ό,τι ο πρόσθετος εξοπλισμός που απαιτείται για τις αγροτικές εργασίες και αφορά σε αγροτικά μηχανήματα και εργαλεία νοικιάζεται κάθε φορά που απαιτείται για χρήση, ενώ η ισχύς του δεν υπερβαίνει τους 5 hp. Για την ξήρανση των σαλιγκαριών υπάρχει χώρος ξηραντηρίου, εκτός του γηπέδου της δραστηριότητας και σε απόσταση περίπου 30 km, ο οποίος δεν θα ληφθεί υπόψη στον υπολογισμό του CF στη συγκεκριμένη εκτροφή.

Εσωτερικά σε κάθε εκτροφείο αναπτύσσεται η βλάστηση, η οποία αποτελεί την τροφή για τα εκτρεφόμενα ζώα, αλλά συμβάλλει, επίσης, στη διατήρηση της υγρασίας και προσφέρει στα εκτρεφόμενα σαλιγκάρια καταφύγιο, σκίαση, προστασία και το απαραίτητο για την κινητική δραστηριότητά τους περιβάλλον.

Τα φυτικά είδη που χρησιμοποιήθηκαν στο συγκεκριμένο σύστημα εκτροφής ήταν το ιταλικό ραδίκι (*Cichorium intybus*), το ουγγρικό γούλι (*Beta vulgaris*) και ο ηλίανθος (*Helianthus spp*).

Πριν τη σπορά, κατά το μήνα Δεκέμβριο, έγιναν αναλύσεις εδάφους, ενώ οργώθηκε και φρεζαρίστηκε το χώμα με καλλιεργητή και σκαπτικό. Χειρωνακτικά έγινε και απολύμανση του χώρου με χλωροπερίφους ποσότητας 50 kg / 15 στρέμματα. Για την καλλιέργεια των φυτών έγινε σπορά 350 gr σπόρων κάθε φυτού σε καθένα από τα εκτροφεία και στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε λίπανση χειρωνακτικά με ζεόλιθο και κοπριά κότας σε ποσότητα 25 kg / εκτροφείο. Καθ' όλη τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας τοποθετούνταν περιμετρικά της δραστηριότητας ανά 20 m παγίδες για ποντίκια, ενώ κατά τους μήνες Φεβρουάριο και Μάιο πραγματοποιήθηκε προσθήκη ασβεστίου (1.600 kg / 10 πεδία). Από τον Μάιο έως και το Σεπτέμβριο και ανά 15 μέρες διεξάχθηκε κόψιμο των φυτών με βενζινοκίνητο ψαλίδι ισχύος 1 hp.

Ο χρόνος εκτροφής έως το εμπορεύσιμο μέγεθος διαρκεί 9 – 18 μήνες και η συγκομιδή άρχισε το μήνα Απρίλιο και ολοκληρώθηκε το μήνα Σεπτέμβριο. Τα σαλιγκάρια συλλέχτηκαν σε εξήντα επτά (67) πλαστικά τελάρα από πολυαιθυλένιο βάρους 300 gr το καθένα.

Για τη λειτουργία της γεώτρησης, τον φωτισμό και άλλες ανάγκες η μονάδα είναι συνδεδεμένη με το δίκτυο της ΔΕΗ. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να υπολογιστεί εάν ληφθεί υπόψη ότι για κάθε έτος ο λογαριασμός ανέρχεται στα 800€.

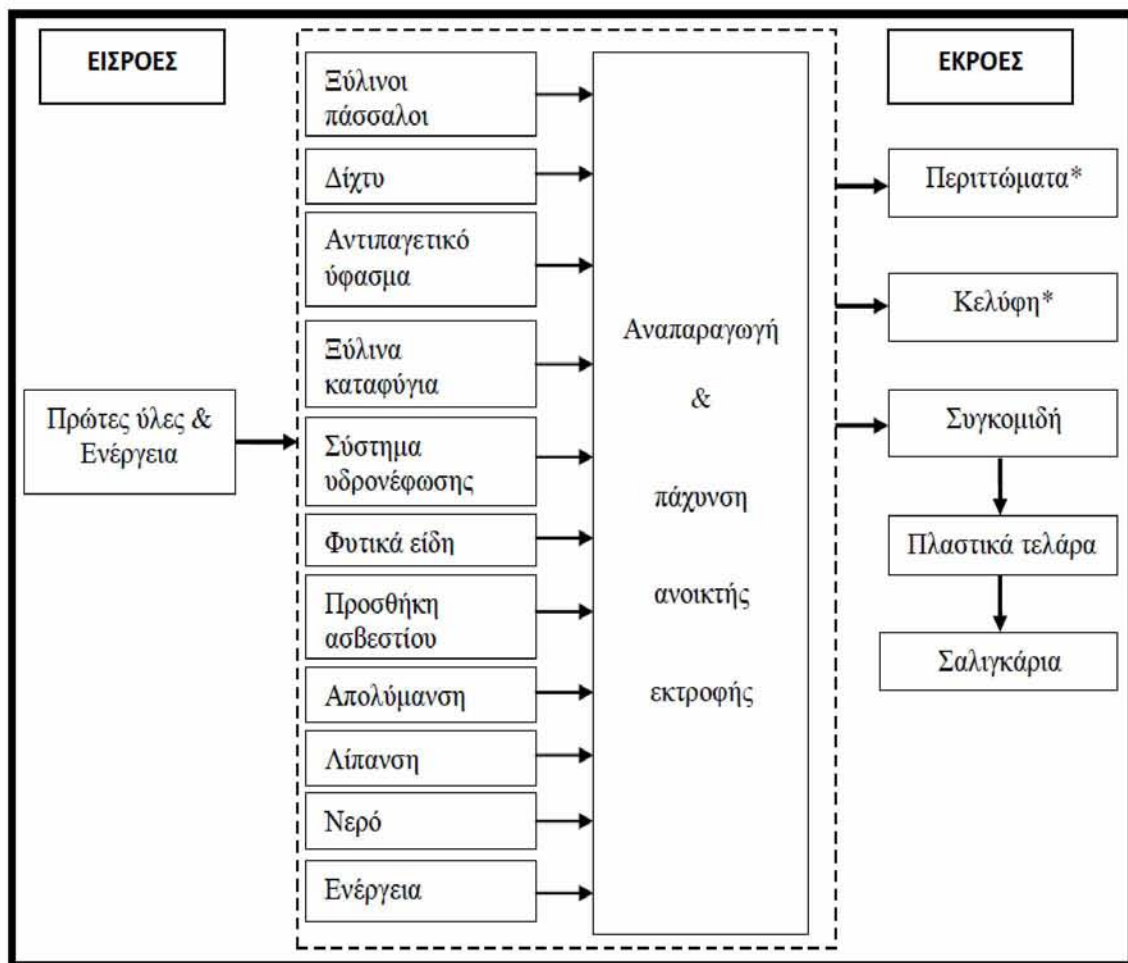
Η αρχική πυκνότητα της εκτροφής υπολογίστηκε σε 2,8 ζώα / m², ενώ παράχθηκαν περίπου 0,67 τόνοι σαλιγκαριών / στρέμμα, με ποσοστό θνησιμότητας 10 – 15 %.

Ως εκροές της εκτροφής αναφέρονται τα περιττώματα των σαλιγκαριών τα οποία αποτελούνται από οργανική ουσία πλούσια σε άζωτο. Τα περιττώματα δεν απορρίπτονται, αλλά παραμένουν στο έδαφος ως λίπανση, οπότε στον υπολογισμό του ανθρακικού αποτυπώματος δεν θα ληφθούν υπόψη διότι αποτελούν ταυτόχρονα εισροή

και εκροή στο εξεταζόμενο σύστημα. Το ίδιο ισχύει για τη διαχείριση των κελυφών, καθώς και των κομμένων φυτών, η οποία πραγματοποιείται με τον ίδιο τρόπο, ήτοι παραμονή στο έδαφος της εκτροφής με σκοπό τον εμπλουτισμό του σε ασβέστιο και σε οργανική ύλη, αντίστοιχα.

4.2.2 Καθορισμός ορίων συστήματος εκτροφής

Για τον υπολογισμό του ανθρακικού αποτυπώματος της συγκεκριμένης εκτροφής τα όρια του συστήματος «από το λίκνο ως την έξοδο από το αγρόκτημα», περιλαμβάνουν τα ακόλουθα στάδια του Σχήματος 4.1.



*Αποτελούν ταυτόχρονα εισροή και εκροή στο εξεταζόμενο σύστημα

Σχήμα 4.1: Διάγραμμα ροής των ορίων του ανοικτού συστήματος εκτροφής σαλιγκαριών

4.2.3 Καταγραφή δεδομένων εκτροφής

Συγκεντρώνοντας τα δεδομένα της παραπάνω περιγραφής του ανοικτού συστήματος εκτροφής σαλιγκαριών και κωδικοποιώντας τα, έχουμε, υπό μορφή πίνακα, τα εξής δεδομένα ανά στρέμμα και ανά έτος:

Πίνακας 4.1: Καταγραφή δεδομένων ανά στρέμμα και ανά έτος ανοικτού συστήματος εκτροφής σαλιγκαριών

Είδος		Ποσότητα	Μονάδα μέτρησης
Λαμαρίνα	steel hot-dip galvanised coil	6,12	Kg
Συρματόπλεγμα	steel hot-dip galvanised coil	4,248	Kg
Ξύλινοι πάσσαλοι	wooden pallet	13	Kg
Δίκτυο	polyethylene high density granulate	8,7606	Kg
Αντιπαγετικό ύφασμα	polypropylene granulate (PP)	0,935	Kg
Ξύλινα καταφύγια	wooden pallet	96	Kg
Λάστιχα-μπεκ	polyethylene high density granulate	7,1353	Kg
Όργωμα - φρεζάρισμα	soil decompaction, with cultivator	1	Day
Χλωροπερίφους	Chlorpiryfos	3,33	Kg
Ιταλικό ραδίκι	Vegetables	1,17	Kg
Ουγγρικό γούλι	Vegetables	1,17	Kg
Παντζάρι	Vegetables	1,17	Kg
Ηλίανθος	Sunflower	1,17	Kg
Ζεόλιθος - κοπριά	zeolite & manure P	83,33	Kg
Μαρμαρόσκονη	calcium carbonate	1,7066	Kg
Νερό	Water	420	Kg
Πλαστικά τελάρα	polypropylene granulate (PP)	0,0893	Kg
Κατανάλωση καυσίμου	gasoline (regular)	14,78	Kg
Ενέργεια	electricity	1260	MJ
Μεταφορά α' υλών	transport system	25	Km

Για τα είδη-υλικά των οποίων ο χρόνος ζωής είναι μεγαλύτερος του ενός έτους (π.χ. λαμαρίνα, συρματόπλεγμα, πάσσαλοι, δίκτυο κλπ.), η ποσότητά τους υπολογίστηκε διαιρώντας το άθροισμα του υλικού που χρησιμοποιήθηκε στην εκτροφή με τη διάρκεια χρόνου ζωής που έχει οριστεί για αυτό.

4.2.4 Υπολογισμός ανθρακικού αποτυπώματος (CF) ανοιχτής εκτροφής E1

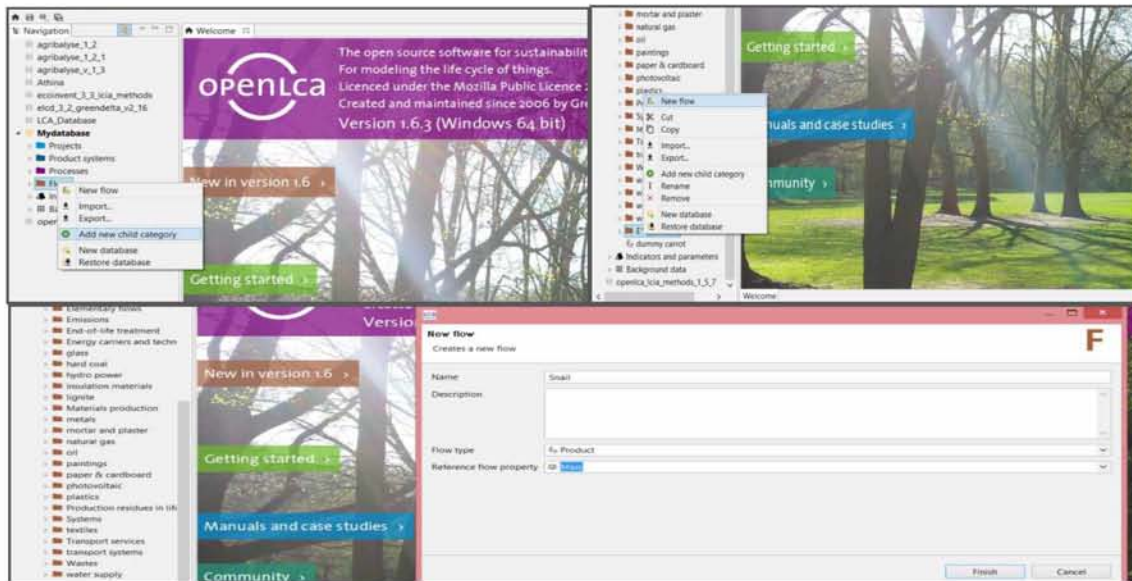
Ο υπολογισμός του ανθρακικού αποτυπώματος στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της μεθόδου Αξιολόγησης Κύκλου Ζωής με τη βοήθεια του λογισμικού προγράμματος openLCA software version 1.6. και τη μέθοδο αξιολόγηση επιπτώσεων CML (non baseline) (v. 4.4, January 2015).

Για να δημιουργηθεί το ολοκληρωμένο σύστημα ανοιχτής εκτροφής (E1), αρχικά δημιουργήθηκε στις ροές “Flows” μια νέα κατηγορία/φάκελος ο οποίος ονομάστηκε “E1” και αντιπροσώπευε την ανοιχτή εκτροφή βιολογικού κύκλου. Στη συνέχεια στο νέο φάκελο E1 δημιουργήθηκε μια νέα ροή η οποία ονομάστηκε “Snail”, για την οποία ορίστηκε τύπος “Product” και ιδιότητα ροής “Mass” (Εικόνα 4.2).

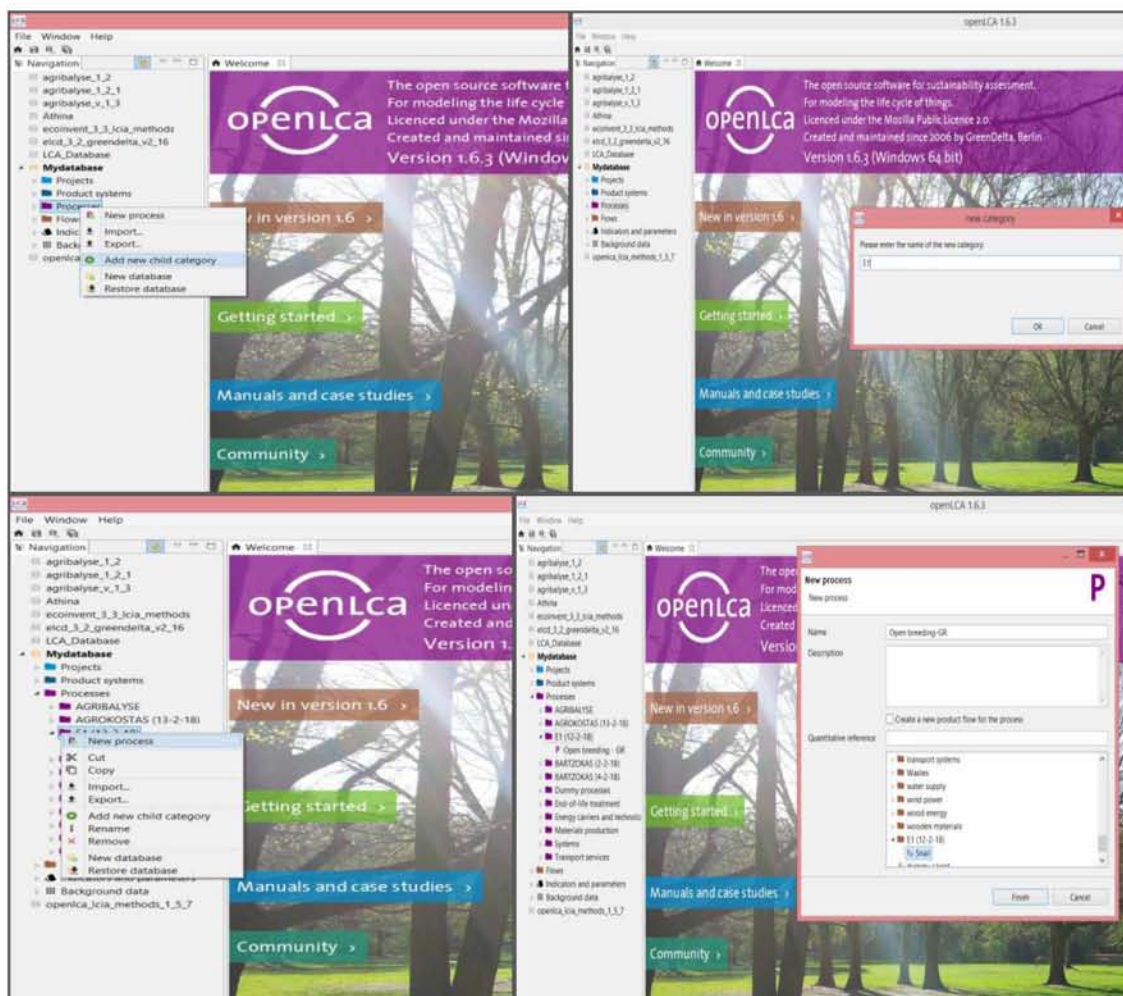
Έπειτα στην κατηγορία “Processes” δημιουργήθηκε νέος φάκελος “E1”, εντός του οποίου δημιουργήθηκε η διεργασία “Open breeding-GR”, με ποσοτική αναφορά στην ροή “Snail” που δημιουργήθηκε προηγουμένως (Εικόνα 4.3).

Στη συνέχεια προστέθηκαν και αποθηκεύτηκαν στη διεργασία “Open breeding-GR” τα δεδομένα (input flows) όπως καταγράφηκαν στον πίνακα 4.1 της παραπάνω ενότητας (Εικόνα 4.4).

Ακολούθησε η δημιουργία νέου φακέλου “E1” στην κατηγορία “Product System” και το σύστημα “Open breeding-GR” το οποίο συσχετίστηκε με την ομώνυμη διεργασία (process) (Εικόνα 4.5).



Εικόνα 4.2: Δημιουργία φακέλου “Ε1” και ροής “Snail”



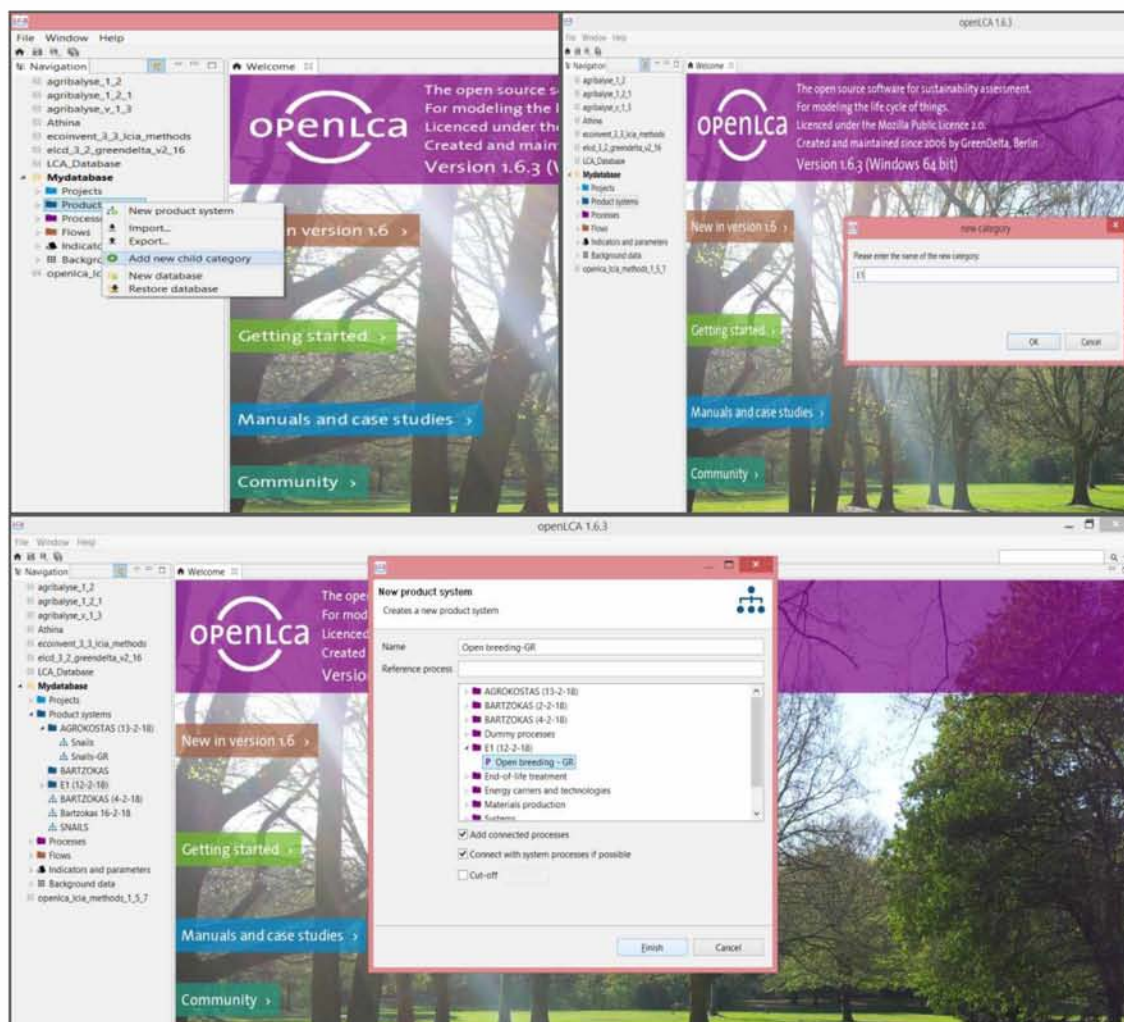
Εικόνα 4.3: Δημιουργία φακέλου “Ε1” και διεργασίας “Open breeding-GR”

Process: Open breeding

Flow	Category	Amount	Unit	Costs	Uncertainty	Provider	Data quality entry	Describe...
Flow								
Flow	Calcium carbonate (> 63 micron)	1.70660	kg		none			
Flow	Canola seed, conventional, ar farm gate	3.51000	kg		none			
Flow	Chlorpyrifos	0.23000	kg		none			
Flow	Crabapple seed	432.00000	kg		none			
Flow	Electricity mix	1260.00000	MWh		none			
Flow	Gasoline (regular)	14.78000	kg		none			
Flow	Haying, with binder - 18	10.00000	kg		none			
Flow	polyethylene high density granulate (P...	15.90000	kg		none			
Flow	polypropylene granulate (PP)	1.02400	kg		none			
Flow	Soil decompaction, with cultivator - ...	1.00000	kg		none			
Flow	Steel hot-dip galvanized coil	10.34800	kg		none			
Flow	Sunflower seed, conventional, 9% mois...	1.17000	kg		none			
Flow	Wooden pallet (EUR)	109.00000	kg		none			
Flow	Zedone	83.33000	kg		none			
Flow	Transport in Pallet	25.00000	kg		none			

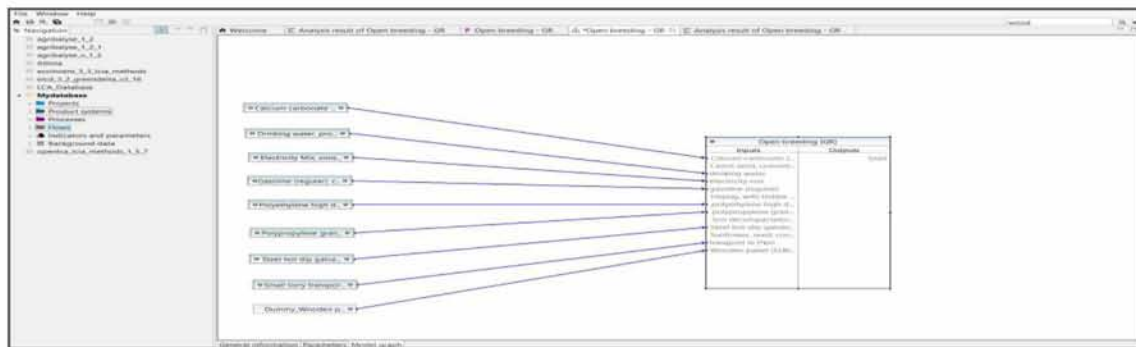
Flow	Category	Amount	Unit	Costs/Revenues	Uncertainty	Available product	Data quality entry	Describe...
Flow								
Flow	E1 (12-2-18)	870.00000	kg		none			

Εικόνα 4.4: Εισαγωγή δεδομένων στη διεργασία “Open breeding-GR”



Εικόνα 4.5: Δημιουργία Product System της E1 εκτροφής

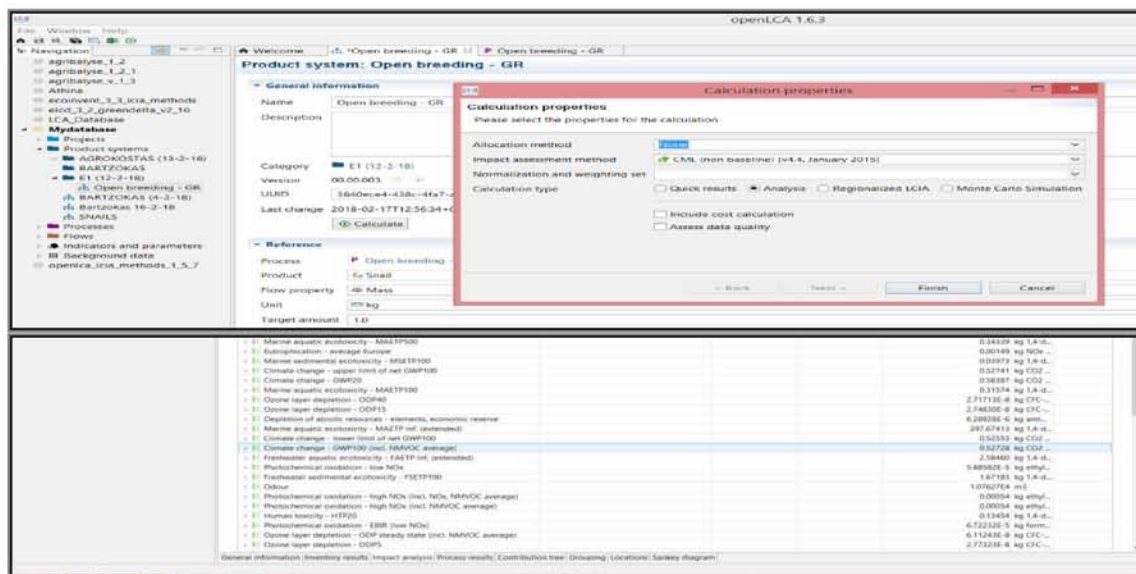
Το model graph του συστήματος της Ε1 εκτροφής αποτυπώνεται στην εικόνα 4.6 και φανερώνει την σύνδεση που υπάρχει μεταξύ των δεδομένων του συστήματος. Πιο συγκεκριμένα, εικονίζει τις εισροές του συστήματος και τα αντίστοιχα συστήματα παραγωγής από τα οποία προήλθαν.



Εικόνα 4.6: Model graph του Product System E1

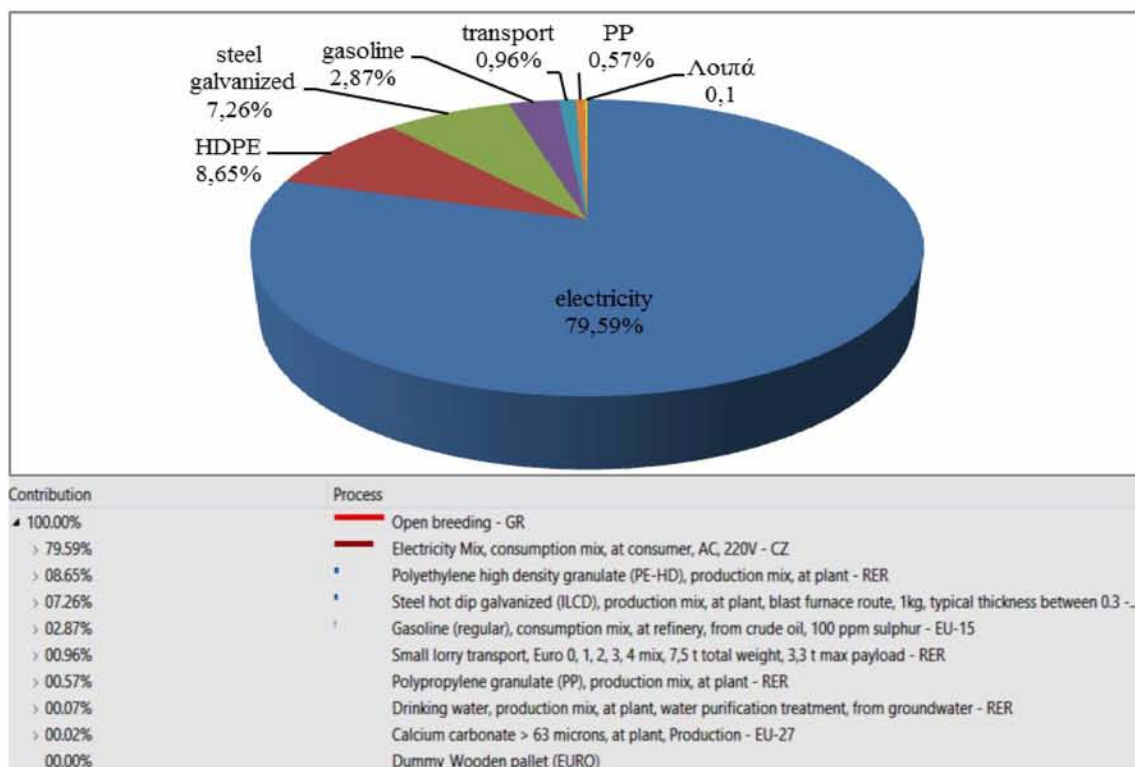
Στη συνέχεια (Εικόνα 4.7) επιλέγεται το εικονίδιο “Calculate” και η μέθοδος εκτίμησης επιπτώσεων CML (non baseline) [v.4.4, January 2015]. Έτσι προκύπτει ότι, για την παραγωγή ενός (1) κιλού σαλιγκαριού στην ανοιχτή εκτροφή βιολογικού κύκλου, το ανθρακικό αποτύπωμα CF ισούται με :

$$CF_{EI}=0.52728 \text{ Kg } CO_{2eq}$$



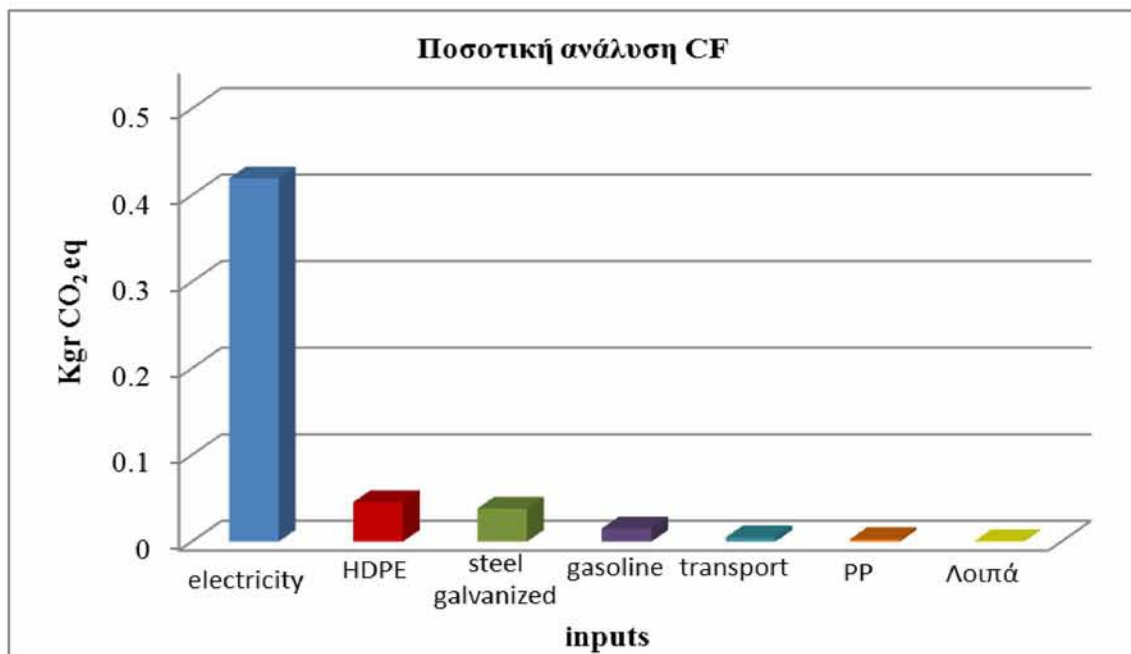
Εικόνα 4.7: Υπολογισμός CF συστήματος E1

Σύμφωνα με την Εικόνα 4.8 οι κυριότερες επιπτώσεις της ανοιχτής εκτροφής βιολογικού κύκλου στην Κλιματική Αλλαγή οφείλονται πρωτίστως στην κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας για τη λειτουργία της αρδευτικής γεώτρησης και για τον φωτισμό της έκτασης που καταλαμβάνει η εκτροφή, σε ποσοστό 79,59 %. Μικρότερη συμβολή στην ίδια κατηγορία επιπτώσεων έχει η παραγωγή του δικτυού και του αρδευτικού συστήματος (λάστιχα) με ποσοστό 8,65 %, ενώ η λαμαρίνα και το συρματόπλεγμα που χρησιμοποιούνται ως υλικά για την κατασκευή της εκτροφής συμβάλλουν κατά 7,26 % στο ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η κατανάλωση βενζίνης από τα μηχανήματα και τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για τις αγροτικές εργασίες εντός της εκτροφής συντελεί στην παραγωγή με ποσοστό 2,87 %, ενώ οι υπόλοιπες εισροές (πολυπροπυλένιο, νερό, ανθρακικό ασβέστιο, μεταφορές και ξυλεία) συμμετέχουν σε ποσοστό 1,63 %.



Εικόνα 4.8: Ποσοστιαία συμβολή των εισροών στην τιμή του CF της εκτροφής EI

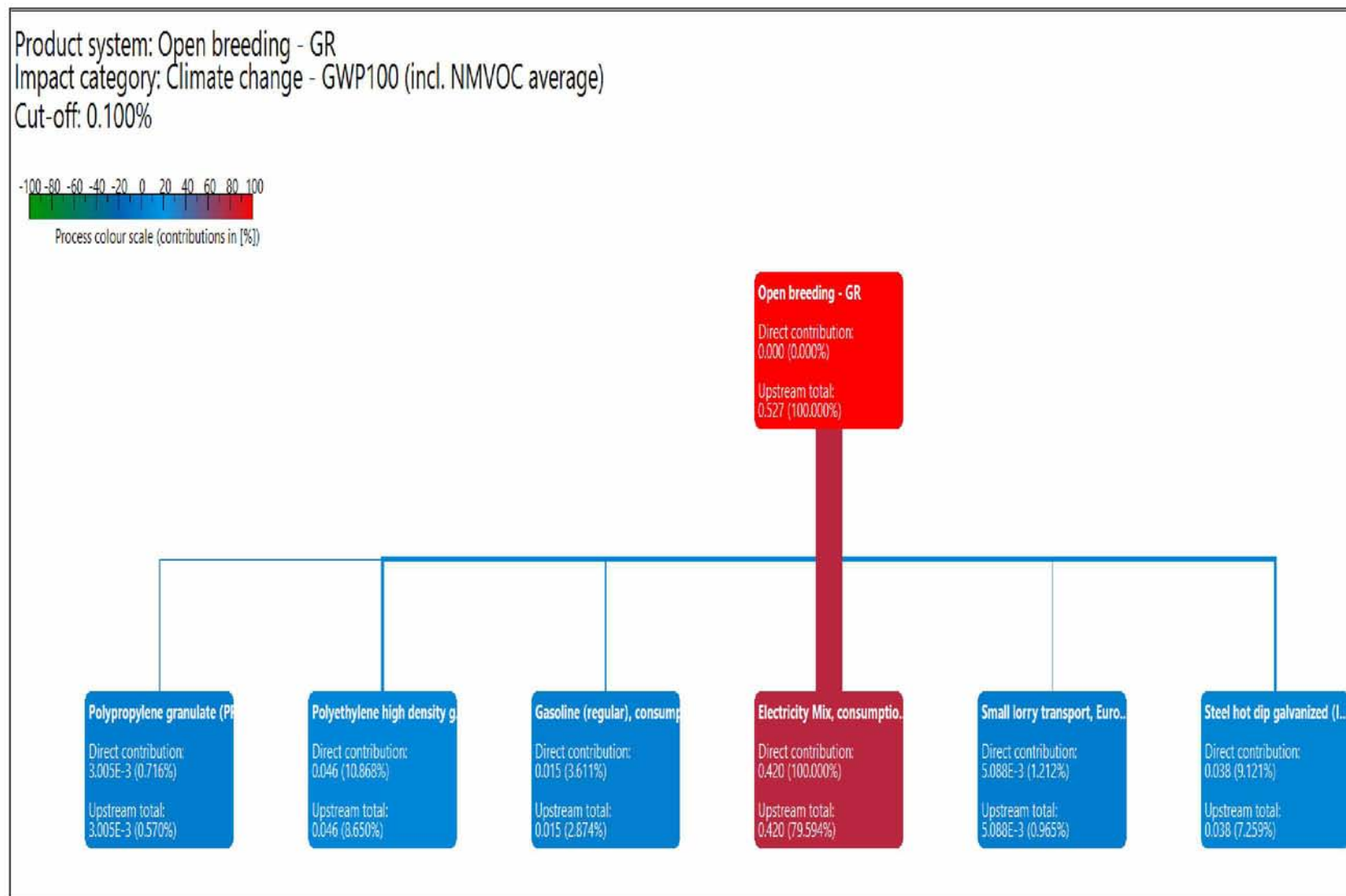
Στην εικόνα 4.9 παρουσιάζονται οι επιμέρους τιμές των εισροών σε kg CO₂eq, όπου και πάλι διαπιστώνεται ότι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αντιστοιχεί στη μεγαλύτερη ποσότητα, ίση με 0,41969 kg CO₂eq, ακολουθούν η χρήση υλικών HDPE με 0,04561 kg CO₂eq, η χρήση γαλβανισμένης λαμαρίνας με 0,03828 kg CO₂eq και η κατανάλωση βενζίνης για τη λειτουργία των αγροτικών μηχανημάτων, η οποία ισούται με 0,01515 kg CO₂eq. Η μεταφορά των πρώτων και βοηθητικών υλών στην εκτροφή, η χρήση υλικών PP καθώς και άλλες εισροές συνολικά υπολογίστηκαν 0,00855 kg CO₂eq.



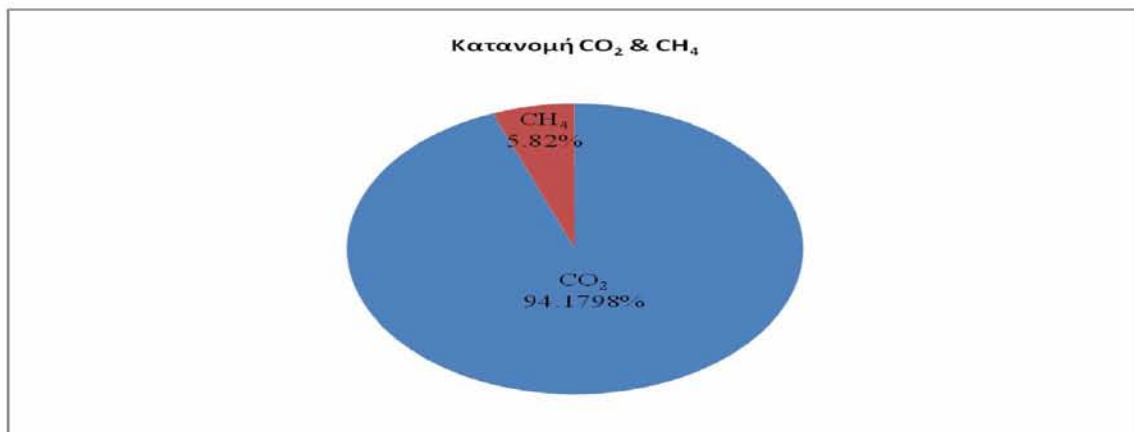
Εικόνα 4.9: Ποσοτική ανάλυση CF της εκτροφής E1

Στην εικόνα 4.10 παρουσιάζεται το διάγραμμα Sankey στο οποίο αποτυπώνεται η συμβολή των πιο σημαντικών εισροών στην κατηγορία επιπτώσεων που αφορά στην κλιματική αλλαγή. Το πλάτος και το χρώμα των γραμμών παρουσιάζει αναλογικά την επίδραση των πρωτογενών ροών του συστήματος στην τιμή του ανθρακικού αποτυπώματος CF της εκτροφής E1.

Εικόνα 4.10: Διάγραμμα Sankey εκπομπής EI



Στο παρακάτω γράφημα-εικόνα αποτυπώνεται η ποσοστιαία συνεισφορά των αερίων του θερμοκηπίου, του CO_2 και του CH_4 , στην τιμή του ανθρακικού αποτυπώματος (CF) της ανοιχτής εκτροφής βιολογικού κύκλου. Παρατηρείται ότι το CO_2 συνεισφέρει κατά 94,18 % στην τιμή του ανθρακικού αποτυπώματος, ενώ πολύ λιγότερο, σε ποσοστό 5,82 % συνεισφέρει το CH_4 .



Εικόνα 4.11: Ποσοστιαία συνεισφορά του CO_2 και του CH_4 στην τιμή του CF της εκτροφής E1

4.3 Σύστημα κλειστής εκτροφής σε Διχτυοκήπιο με εσωτερική αναπαραγωγή (E2)

4.3.1 Αναλυτική περιγραφή εκτροφής

Τα δεδομένα συλλέχθηκαν έπειτα από επιτόπια επίσκεψη κατά τους καλοκαιρινούς μήνες του έτους 2017 στην μικτού τύπου μονάδα εκτροφής σαλιγκαριών, με εσωτερική αναπαραγωγή και πάχυνση σε Διχτυοκήπιο. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι ο θάλαμος αναπαραγωγής της συγκεκριμένης εκτροφής βρίσκεται εκτός αγροτεμαχίου της εκτροφής και σε απόσταση από αυτή ίση με 1 km. Συνεπώς στον υπολογισμό του ανθρακικού αποτυπώματος θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και η μεταφορά του γόνου στο Διχτυοκήπιο. Αντιθέτως, λόγω του γεγονότος ότι πρόκειται για υφιστάμενο κτίριο που κατασκευάστηκε πολύ πριν τη λειτουργία της εκτροφής, στον

υπολογισμό του ανθρακικού αποτυπώματος (CF) δεν θα ληφθεί υπόψη η κατασκευή αυτού του χώρου.

Σε αυτόν τον τύπο εκτροφής η αναπαραγωγή και η εκκόλαψη πραγματοποιούνται σε πλήρως ελεγχόμενες συνθήκες, ενώ η πάχυνση του γόνου γίνεται σε Διχτυοκήπιο. Η λειτουργία της προαναφερθείσας μονάδας ξεκίνησε το 2011 και το εκτρεφόμενο είδος είναι το *Helix aspersa maxima* (συν. *Cornu aspersum maximum*).

4.3.1.1. Εσωτερική αναπαραγωγή

Ο χώρος αναπαραγωγής που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή του γόνου έχει εμβαδό 50 m² και ύψος 2,8 m. Εσωτερικά η διαμόρφωσή του είναι τέτοια ώστε να καθίσταται εφικτή η συντήρηση και προετοιμασία των γεννητόρων, η αναπαραγωγή τους, η εκκόλαψη των αυγών και η διαχείριση των γόνων. Ο φωτισμός μέσα στο κτίριο επιτυγχάνεται με 18 λάμπες ψυχρού φωτισμού (ισχύος 60 Watt, η καθεμία). Οι λάμπες συνδέονται με διαφορετικούς χρονοδιακόπτες, διότι ενδέχεται να μη λειτουργούν όλοι οι κλωβοί ταυτόχρονα, ενώ υπάρχει σύστημα θέρμανσης-ψύξης (air condition, 55.000 BTU) για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας και υγραντήρας για τη ρύθμιση της υγρασίας.

Στον χώρο διαχείρισης των γεννητόρων και του γόνου υπάρχει πάγκος εργασίας PVC σε απόχρωση γρανίτη διαστάσεων 1,70 m x 0,5 m, ένας διπλός ανοξείδωτος νεροχύτης διαστάσεων 0,80 m x 0,50 m και βάθους 0,15 m και μια (1) βρύση.

Τα σαλιγκάρια στον θάλαμο αναπαραγωγής διατηρούνται σε έντεκα (11) κλωβούς διαστάσεων 1,5 m x 0,8 m και βάθος 0,3 m, οι οποίοι ανά δύο στηρίζονται σε σκελετό αλουμινίου διαστάσεων 1,5 m x 0,8 m, ύψους 1,5 m. Η κάτω επιφάνεια των κλωβών φέρει πλαστικό πλέγμα, ενώ περιμετρικά περικλείεται από plexiglass. Εντός

κάθε κλωβού ήταν τοποθετημένες έξι (6) πλαστικές ταΐστρες, διαστάσεων 0,7 m x 0,07 m η καθεμία και δύο (2) καταφύγια τύπου “Λ”, συνολικού μήκους 0,8 m και επιφάνεια κάθε κεκλιμένης πλευράς ίση με 0,13 m x 0,8 m. Για την εναπόθεση των αυγών χρησιμοποιήθηκαν 300 πλαστικά δοχεία, διαστάσεων 0,15 m x 0,13 m, βάθους 0,05 m το καθένα, τα οποία περιείχαν ως υπόστρωμα χώμα συνολικής ποσότητας, κατά το έτος έρευνας, ίσης με 100 kg. Η διατροφή στην εσωτερική αναπαραγωγή γίνεται με αποξηραμένο σιτηρέσιο και ασβέστιο σε ποσότητες κατ’ έτος 400 kg και 120 kg, αντίστοιχα. Η χειμέρια νάρκη των σαλιγκαριών πραγματοποιήθηκε εντός 240 διχτυών τα οποία τοποθετήθηκαν ανά 6 σε πλαστικά τελάρα διαστάσεων 0,4 m x 0,6 m x 0,27 m, το καθένα. Για την εκκόλαψη των αυγών χρησιμοποιείται μια διάταξη πέντε (5) ραφιών dexion, διαστάσεων 1,86 m x 0,18 m, το καθένα, τα οποία φέρει ένας μεταλλικός σκελετός ύψους 2,8 m, ο οποίος αποτελείται από έξι (6) κατακόρυφες στήλες. Η κατανάλωση νερού, για το χρόνο έρευνας, ανήλθε στα 9 m³ και η κατανάλωση ενέργειας κόστισε στον ιδιοκτήτη της εκτροφής 800 €.



Εικόνα 4.12: Κλωβός αναπαραγωγής (Χατζηιωάννου & Στάικου, 2015)

4.3.1.2. Πάχυνση σε Διχτυοκήπιο

Η πάχυνση των σαλιγκαριών στον συγκεκριμένο τύπο εκτροφής γίνεται σε Διχτυοκήπιο, το οποίο βρίσκεται σε αγροτεμάχιο συνολικού εμβαδού 5.000 m², το οποίο περιμετρικά φέρει περίφραξη ύψους 2 m από σύρμα. Το διχτυοκήπιο καταλαμβάνει έκταση ίση με 1.000 m². Η πρόσβαση στο εσωτερικό του πραγματοποιείται από πόρτα εισόδου διαστάσεων 2,2 m x 2,1 m, η οποία είναι κατασκευασμένη από σιδερένιο σκελετό και εσωτερικά του πλαισίου φέρει λαμαρίνα και δίκτυ. Ο τύπος θερμοκηπίου, στον οποίον βασίζεται η κατασκευή του διχτυοκηπίου, είναι του τροποποιημένου τοξωτού. Ο σκελετός του στη βάση αποτελείται περιμετρικά από τσιμέντο (διαστάσεων 0,15 m x 0,3 m) και λαμαρίνα, γαλβανισμένο κυματοειδές χαλυβδόελασμα, πάχους 0,5 mm και συνολικού ύψους 0,8 m. Το διχτυοκήπιο αποτελείται από τρεις αψίδες των 6,5 m πλάτους η καθεμία και μήκους 50 m, ενώ το μέγιστο ύψος ανέρχεται στα 3,6 m. Ο σκελετός κατασκευάστηκε από γαλβανισμένο μέταλλο, ύστερα από επιμελημένη αντισκωρική επεξεργασία και αποτελείται από εξήντα τρεις (63) κολώνες ύψους 2,2 m η καθεμία και σαράντα πέντε (45) τόξα μήκους 6,8 m το καθένα. Ο σκελετός καλύπτεται με δίκτυ σκίασης πολυαιθυλενίου με κάλυψη 90 %, το οποίο καταλαμβάνει έκταση 1200 m².



Εικόνα 4.13: Πλάγια εξωτερική όψη Διχτυοκηπίου (Χατζηιωάννου & Στάικου 2015)

Εσωτερικά διαμορφώνεται ο λειτουργικός χώρος της εκτροφής, εμβαδού 100 m², ο οποίος περιμετρικά φέρει εσωτερική περίφραξη από δίχτυ ύψους 1 m. Εντός του χώρου υπάρχουν εβδομήντα δύο (72) ξύλινα καταφύγια/ταΐστρες διαστάσεων 3 m x 0,2 m, τα οποία είναι τοποθετημένα πάνω σε ορθογώνιες τάβλες διαστάσεων 0,5 m x 0,1 m, οι οποίες είναι κάθετα τοποθετημένες στο έδαφος ώστε να δημιουργείται διάταξη τύπου “Π”. Για τη διατήρηση της απαιτούμενης υγρασίας υπάρχει σύστημα υδρονέφωσης χαμηλής πίεσης με ψεκασμό νερού, το οποίο περιλαμβάνει αντλία παροχής νερού, λάστιχα πολυαιθυλενίου διαμέτρου Φ12 mm, συνολικού μήκους 150 m και μπεκ.

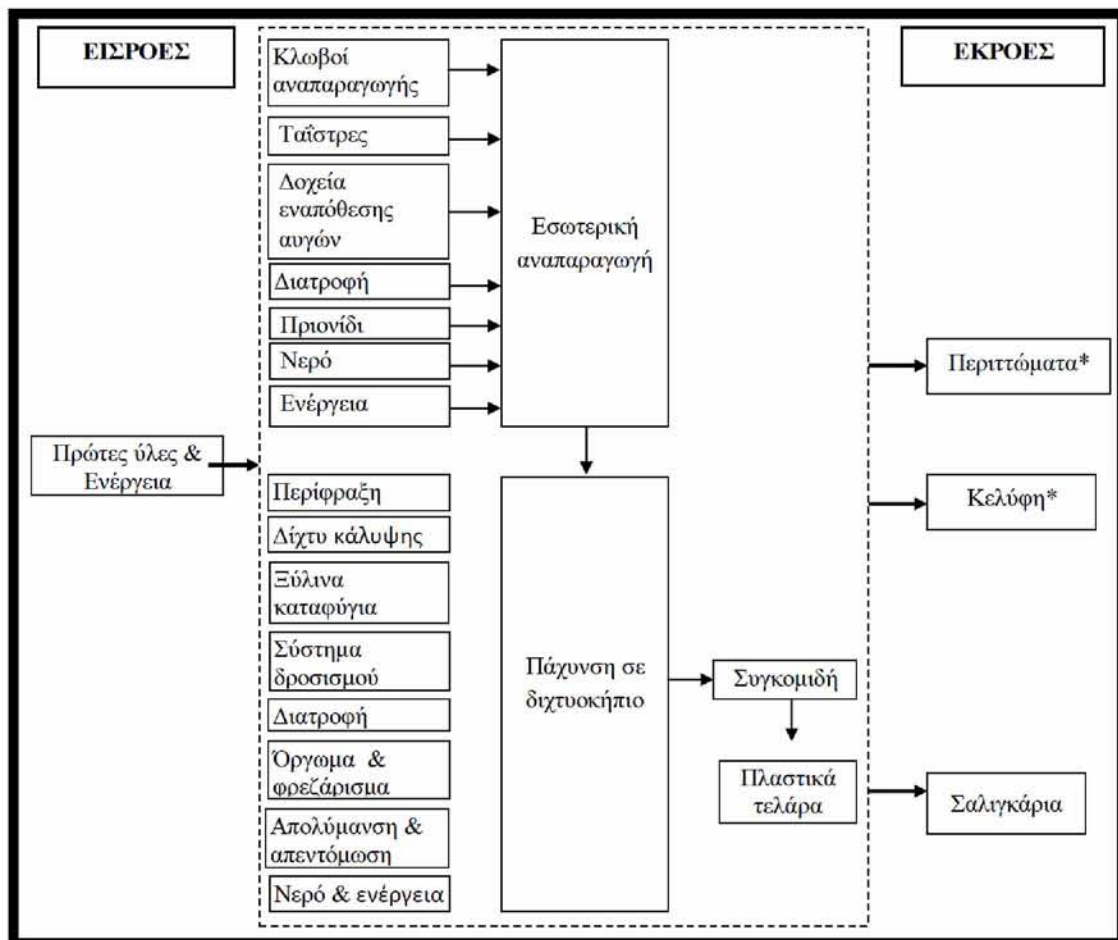
Στο έδαφος του Διχτυοκηπίου καλλιεργούνται φυτά που αποτελούν τη συμπληρωματική τροφή για τα σαλιγκάρια, αλλά συμβάλλουν επίσης, στη διατήρηση της υγρασίας και προσφέρουν στα εκτρεφόμενα ζώα καταφύγιο, σκίαση, προστασία και το απαραίτητο για την κινητική δραστηριότητά τους περιβάλλον. Τα φυτικά είδη που χρησιμοποιήθηκαν στο συγκεκριμένο σύστημα εκτροφής ήταν το ιταλικό ραδίκι (*Cichorium intybus*) και το λάπατο (*Rumex sp.*). Πριν τη σπορά, κατά το μήνα Φεβρουάριο, το χώμα φρεζαρίστηκε και έγινε χειρωνακτική απολύμανση-απεντόμωση του χώρου με χλωροπερίφους ποσότητας 150 kg. Για την καλλιέργεια των φυτών πραγματοποιήθηκε σπορά 3.500 σπόρων. Καθ’ όλη τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας, χορηγήθηκαν στα σαλιγκάρια περίπου 1.600 kg σιτηρεσίου και 375 kg ασβεστίου, ενώ ο χρόνος εκτροφής έως το εμπορεύσιμο μέγεθος διήρκεσε 4 μήνες. Τα σαλιγκάρια συλλέχτηκαν σε δίκτυα και πλαστικά τελάρα, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στο προηγούμενο στάδιο (εσωτερική αναπαραγωγή) για τη χειμέρια νάρκη των γεννητόρων.

Οι ανάγκες σε νερό καλύφθηκαν από το δίκτυο άρδευσης που υπάρχει στην περιοχή της δραστηριότητας, με την καταναλισκόμενη ποσότητα νερού να ανέρχεται στα $0,3 \text{ m}^3 / \text{ημέρα}$.

Η πυκνότητα της εκτροφής υπολογίστηκε σε $60 \text{ ζώα} / \text{m}^2$, ενώ παράχθηκαν περίπου 1000 kg σαλιγκαριών / στρέμμα, με ποσοστό θνησιμότητας 10% .

4.3.2 Καθορισμός ορίων συστήματος εκτροφής E2

Για τον υπολογισμό του ανθρακικού αποτυπώματος της συγκεκριμένης εκτροφής τα όρια του συστήματος «από το λίκνο ως την έξοδο από το αγρόκτημα», περιλαμβάνουν τα στάδια του Σχήματος 4.2.



*Αποτελούν ταυτόχρονα εισροή και εκροή στο εξεταζόμενο σύστημα

Σχήμα 4.2: Διάγραμμα ροής των ορίων του μικτού συστήματος εκτροφής σαλιγκαριών

Σχετικά με τις εκροές της εκτροφής, τα περιττώματα και τα κελύφη, ισχύει η παραδοχή της περίπτωσης της ανοικτής εκτροφής. Συνεπώς, στον υπολογισμό του ανθρακικού αποτυπώματος δεν θα ληφθούν υπόψη, διότι αποτελούν ταυτόχρονα εισροή και εκροή για το εξεταζόμενο σύστημα.

4.3.3 Καταγραφή δεδομένων εκτροφής

Συγκεντρώνοντας τα δεδομένα της παραπάνω περιγραφής του μικτού συστήματος εκτροφής σαλιγκαριών και κωδικοποιώντας τα, έχουμε, υπό μορφή πίνακα, τα εξής δεδομένα ανά στρέμμα και ανά έτος:

Πίνακας 4.2: Καταγραφή δεδομένων ανά στρέμμα και ανά έτος του μικτού συστήματος εκτροφής σαλιγκαριών

Είδος		Ποσότητα	Μονάδα μέτρησης
Λάμπες φθορίου	fluorescent lighting	8,09	Kg
Πάγκος εργασίας	wooden pallet	5,464	Kg
Νεροχύτης	steel section	1,071	Kg
Βρύση	steel section	0,268	Kg
Μεταλλικός σκελετός κλωβών	Steel galvanised	4,286	Kg
Πλαστικό εσχαρωτό δάπεδο	PVC	14,143	Kg
Plexiglass κλωβών αναπαραγωγής	polymethyl methacrilate (PMMA)	12,903	Kg
Πλαστική επιφάνεια απόθεσης περιττωμάτων κλωβών	polysterene	14,143	Kg
Ταΐστρες	polysterene	1,379	Kg
Δοχεία εναπόθεσης αυγών	polysterene	5,357	Kg
Καταφύγια	PVC	47,394	Kg
Μεταλλικός σκελετός διάταξης εκκόλαψης	steel section	1,071	Kg
Ράφια διάταξης εκκόλαψης	steel section	1,786	Kg
Πλαστικά τελάρα	polypropylene granulate	4,762	Kg
Δίχτυα	polyethylene HDPE	3,43	Kg
Σιτηρέσιο	Paste / ratio	1428,571	kg
Ασβέστιο	calcium carbonate	428,571	Kg
Χώμα	soil	357,142	Kg
Νερό (δίκτυο)	water	32,143	m ³
Ενέργεια	electricity	64285,714	MJ
Περίφραξη αγροτεμαχίου	Steel galvanised	25,488	Kg
Λαμαρίνα πόρτας εισόδου	Steel galvanised	0,0785	Kg
Δίχτυ πόρτας εισόδου	polyethylene high density	0,00831	Kg
Τσιμέντο περίφραξης	aerated concrete block	18,186	Kg

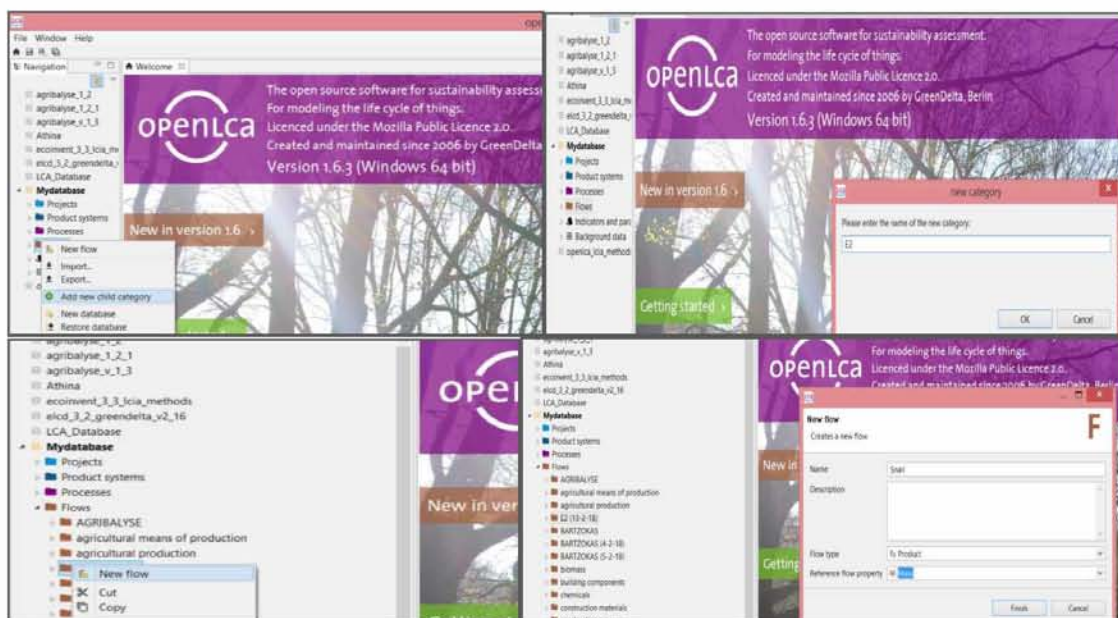
Λαμαρίνα περίφραξης	Steel galvanised	3,808	Kg
Κολώνες σκελετού Διχτυοκηπίου	steel section	4,0194	Kg
Τόξα σκελετού Διχτυοκηπίου	steel section	17,226	Kg
Δίκτυ κάλυψης	polyethylene high density	4,32	Kg
Περίφραξη χώρου πάχυνσης με δίκτυ	polyethylene high density	0,36	Kg
Ξύλινα καταφύγια/ταϊστρες	wooden pallet	49,766	Kg
Ξύλινα “πόδια” & τάβλες	wooden pallet	6,912	Kg
Πλαστικοί σωλήνες & μπεκ	polyethylene high density	0,44	Kg
Βενζίνη	Gasoline (regular)	0,591	Kg
Χλωροπερίφους	chlorpryfos	30	Kg
Φυτά/λαχανικά	vegetables	0,45	Kg
Ασβέστιο	calcium carbonate	75	Kg
Φύραμα	Paste / ratio	320	kg
Νερό (δίκτυο άρδευσης)	water	12,6	m ³

Για τα είδη-υλικά των οποίων ο χρόνος ζωής είναι μεγαλύτερος του ενός έτους (π.χ. λαμαρίνα, συρματόπλεγμα, πάσσαλοι, δίχτυ κλπ.), η ποσότητά τους υπολογίστηκε διαιρώντας το άθροισμα του υλικού που χρησιμοποιήθηκε στην εκτροφή με τη διάρκεια του χρόνου ζωής που έχει οριστεί για αυτό.

4.3.4 Υπολογισμός ανθρακικού αποτυπώματος (CF) μικτής εκτροφής E2

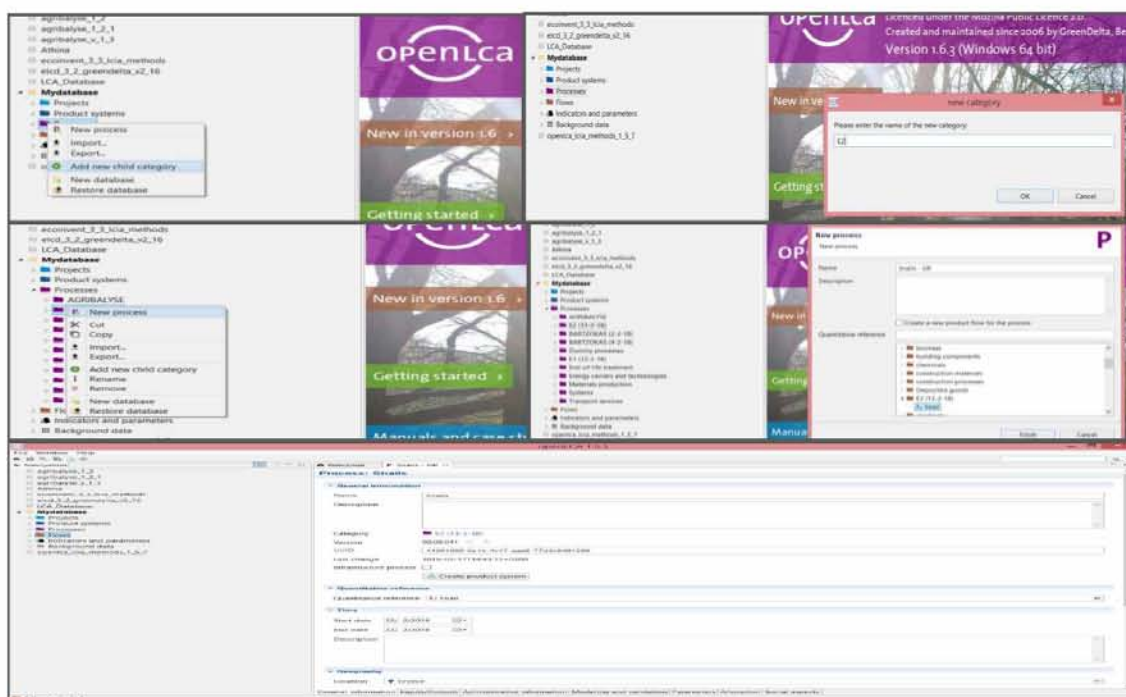
Ο υπολογισμός του ανθρακικού αποτυπώματος και σε αυτό το σύστημα εκτροφής πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της μεθόδου Αξιολόγησης Κύκλου Ζωής με τη βοήθεια του λογισμικού προγράμματος openLCA software version 1.6. και τη μέθοδο αξιολόγηση επιπτώσεων CML (non baseline) (v. 4.4, January 2015).

Για να δημιουργηθεί το ολοκληρωμένο σύστημα της μικτής εκτροφής (E2), αρχικά δημιουργήθηκε στις ροές “Flows” μια νέα κατηγορία/φάκελος, ο οποίος ονομάστηκε “E2” και αντιπροσώπευε την κλειστή εκτροφή σε Διχτυοκήπιο με εσωτερική αναπαραγωγή. Στη συνέχεια στο νέο φάκελο E2 δημιουργήθηκε μια νέα ροή η οποία ονομάστηκε “Snail”, για την οποία ορίστηκε τύπος “Product” και ιδιότητα ροής “Mass”.



Εικόνα 4.14: Δημιουργία φακέλου “E2” και ροής “Snail”

Επειτα στην κατηγορία “Processes” δημιουργήθηκε νέος φάκελος “E2” και η διεργασία “Snails-GR”, με ποσοτική αναφορά στην ροή “Snail” που δημιουργήθηκε προηγουμένως.



Εικόνα 4.15: Δημιουργία φακέλου “E2” και διεργασίας “Snails-GR”

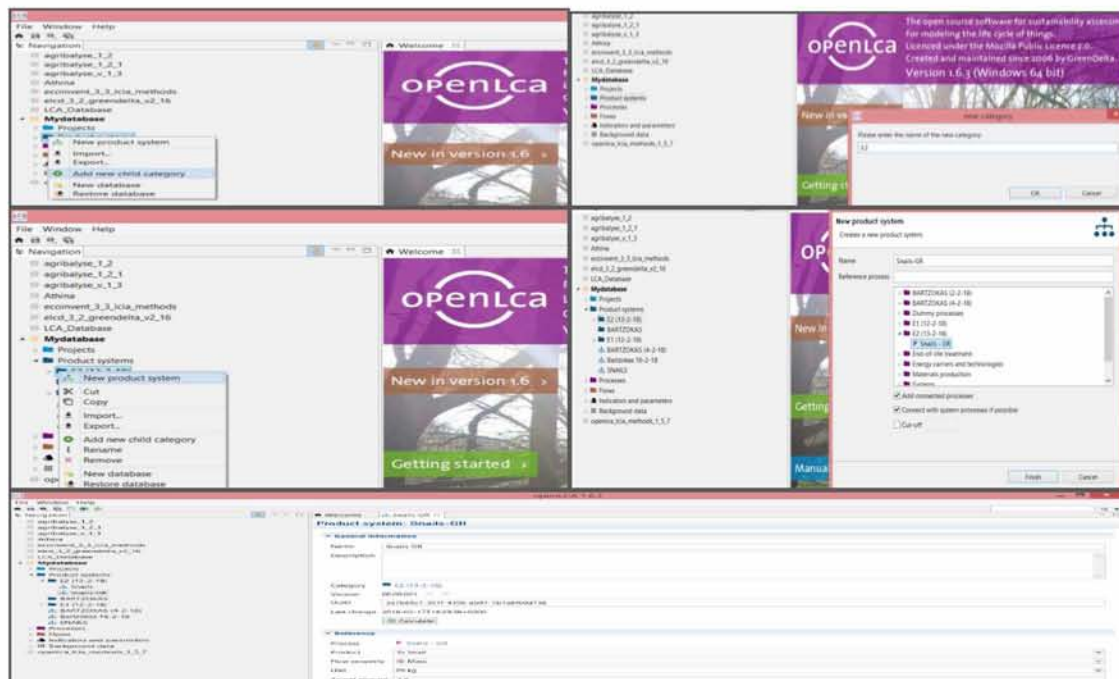
Στη συνέχεια προστέθηκαν και αποθηκεύτηκαν τα δεδομένα (input flows) στη διεργασία “Snails-GR”, όπως καταγράφηκαν στον πίνακα 4.2 της παραπάνω ενότητας.

Flow	Category	Amount	Unit	Costs	Uncertainty	Provider	Data quality entry	Descript...
f1 aerated concrete block	Systems/Construction	10.10600	m³		none	P Aerated concre...		
f2 Calcium carbonate (> 63 microns)	Materials production/Other mine...	5015.7100	kg		none	P Calcium carbon...		
f3 Carrot seed, conventional, at farm gate - FR	Plant Production/Vegetables...	0.45000	kg		none			
f4 Chlorpyrifos	Emission to air/high population...	30.00000	kg		none			
f5 drinking water	Materials production/Water	44.74300	kg		none	P Drinking water...		
f6 electricity mix	Energy carriers and technologies...	6.4285764	MJ		none	P Electricity Mix...		
f7 gasoline (regular)	Energy carriers and technologies...	0.59120	kg		none	P Gasoline (regul...		
f8 polyethylene high density granulate (PE-HD)	Materials production/Plastics	35.55652	kg		none	P Polyethylene H...		
f9 polymethyl methacrylate (PMMA) beads	Materials production/Plastics	12.36000	kg		none	P Polymethyl met...		
f10 polypropylene granulate (PP)	Materials production/Plastics	4.76100	kg		none	P Polypropylene ...		
f11 Polyethylene, general purpose, GPPS, at plan...	Materials production/Plastics	20.87893	kg		none	P Polyethylene ...		
f12 polyvinylchloride resin (PVC)	Materials production/Plastics	61.53174	kg		none	P Polyvinylchlori...		
f13 Soil	Resource/in ground	357.14200	kg		none			
f14 Steel hot-dip galvanized coil	Materials production/Metals and...	33.60224	kg		none	P Steel hot dip g...		
f15 Steel sections	Materials production/Metals and...	25.44103	kg		none	P Steel sections S...		
f16 Transport, passenger car, diesel, fleet avera...	Transport systems/road	1.00000	g/ton		none			
f17 Wooden pallet (EURO)	Production residues in life cycle/...	62.14269	kg		none	P Dummy_Wood...		

Flow	Category	Amount	Unit	Costs/Revenues	Uncertainty	Avoided product	Data quality entry	Descript...
f1 Snail	E2 (13-2-18)	5000.00000	kg		none			

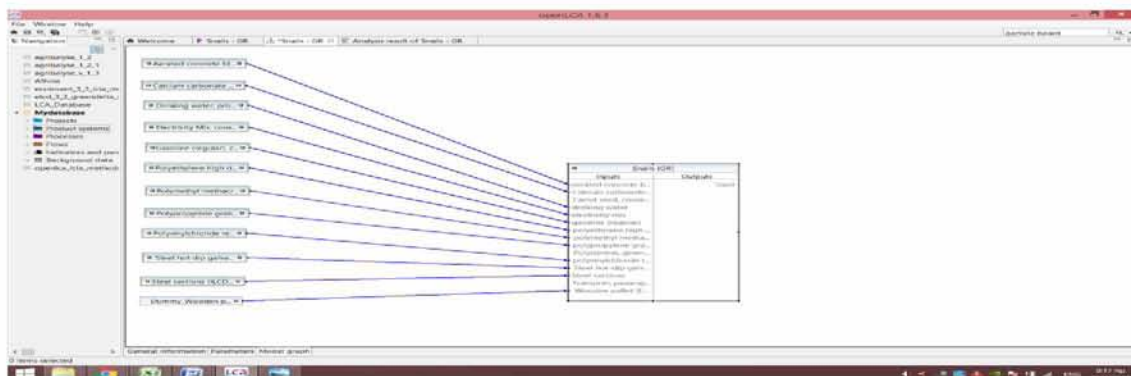
Εικόνα 4.16: Εισαγωγή δεδομένων στη διεργασία “Snails-GR”

Ακολούθησε η δημιουργία νέου φακέλου “E2” στην κατηγορία “Product System” και συστήματος με την ονομασία “Snail-GR” το οποίο συσχετίστηκε με την ομώνυμη διεργασία (process).



Εικόνα 4.17: Δημιουργία Product System

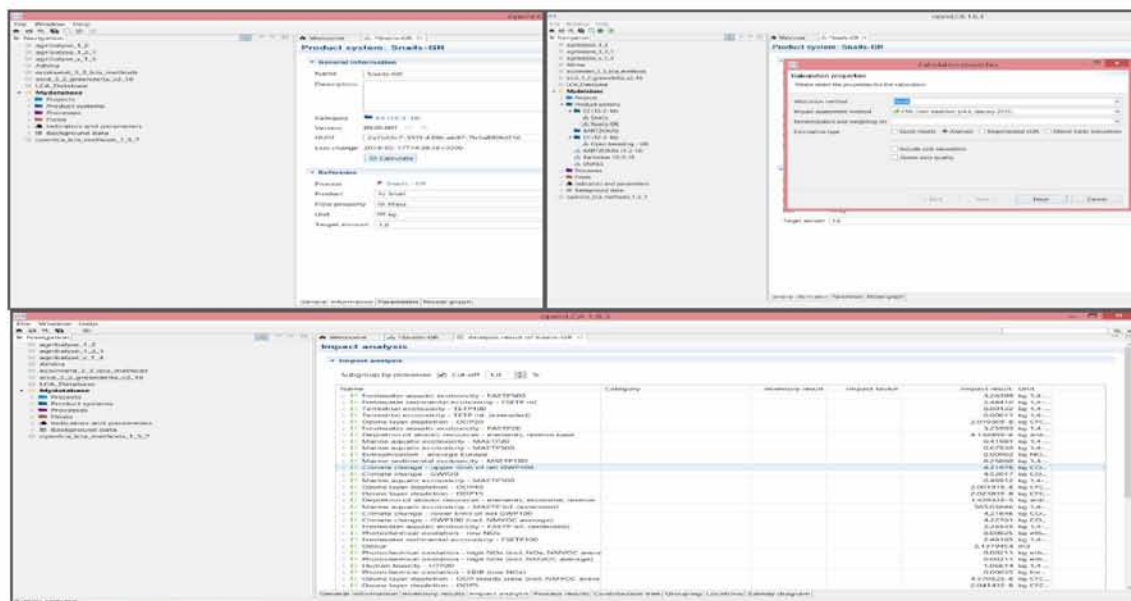
Το model graph του συστήματος της E2 εκτροφής αποτυπώνεται στην εικόνα 4.18 και παρουσιάζει την σύνδεση που υπάρχει μεταξύ των εισροών του συστήματος και των αντίστοιχων συστημάτων παραγωγής από τα οποία προήλθαν.



Εικόνα 4.18: Model graph του Product System E2

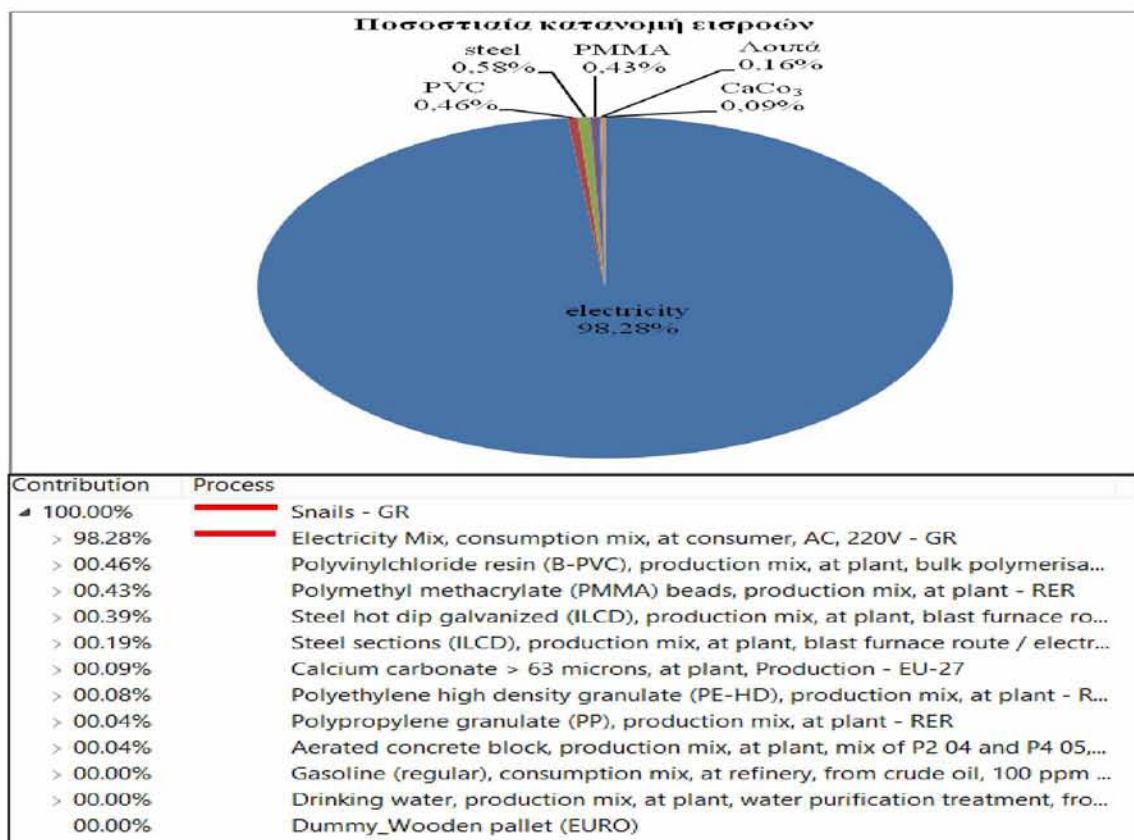
Στη συνέχεια (Εικόνα 4.19) επιλέγεται το εικονίδιο “Calculate” και η μέθοδος εκτίμησης επιπτώσεων CML (non baseline) [v.4.4, January 2015]. Έτσι προκύπτει ότι, για την παραγωγή ενός (1) κιλού σαλιγκαριού στην μικτή εκτροφή, το ανθρακικό αποτύπωμα CF ισούται με :

$$CF_{E2}=4.24146 \text{ Kg } CO_2eq$$



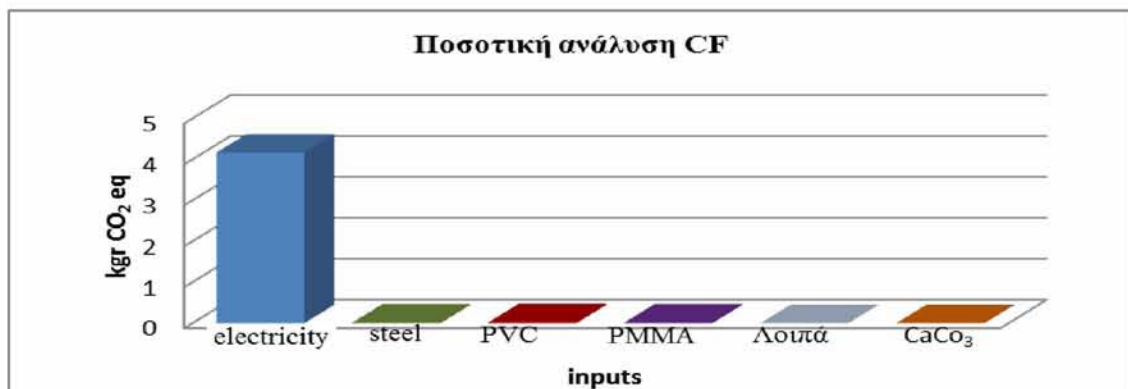
Εικόνα 4.19: Υπολογισμός CF συστήματος E2

Σύμφωνα με την Εικόνα 4.20 οι κυριότερες επιπτώσεις της μικτής εκτροφής στην Κλιματική Αλλαγή οφείλονται πρωτίστως στην κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας για τον φωτισμό, τη θέρμανση-ψύξη και τη ρύθμιση της υγρασίας του χώρου εσωτερικής αναπαραγωγής σε ποσοστό 98,28 %. Πολύ μικρότερη συμβολή στην ίδια κατηγορία επιπτώσεων έχει η χρήση μεταλλικών υλικών (λαμαρίνα και συρματόπλεγμα) με ποσοστό 0,58 %, ενώ η χρήση αντικειμένων από PVC συμβάλλει με ποσοστό 0,46 % στο ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Τα πλαστικά υλικά (PMMA) και το ανθρακικό ασβέστιο που χρησιμοποιούνται τόσο στο στάδιο αναπαραγωγής, όσο και στο στάδιο εξωτερικής πάχυνσης συντελούν με ποσοστό 0,43 % και 0,09 %, αντίστοιχα, ενώ οι υπόλοιπες εισροές (HDPE, PP, τσιμέντο και νερό) συμμετέχουν σε ποσοστό 0,16 %.



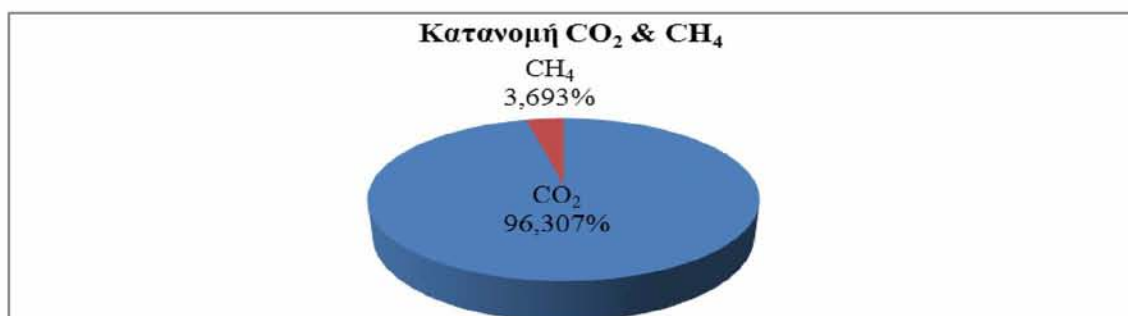
Εικόνα 4.20: Ποσοστιαία συμβολή των εισροών στην τιμή του CF της εκτροφής E2

Στην εικόνα 4.21 παρουσιάζονται οι επιμέρους τιμές των εισροών σε kg CO₂eq, όπου και πάλι διαπιστώνεται ότι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αντιστοιχεί στη μεγαλύτερη ποσότητα, ίση με 4,1683 kg CO₂eq, ακολουθούν η χρήση μεταλλικών υλικών με 0,0246 kg CO₂eq, η χρήση πλαστικών PVC υλικών με 0,0195 kg CO₂eq, η χρήση πλαστικών PMMA υλικών με 0,0182 kg CO₂eq και το ανθρακικό ασβέστιο, το οποίο ισούται με 0,004 kg CO₂eq. Η χρήση υλικών από HDPE, από PP, το τσιμέντο, η κατανάλωση νερού καθώς και άλλες εισροές υπολογίστηκαν συνολικά σε 0,0068 kg CO₂eq.



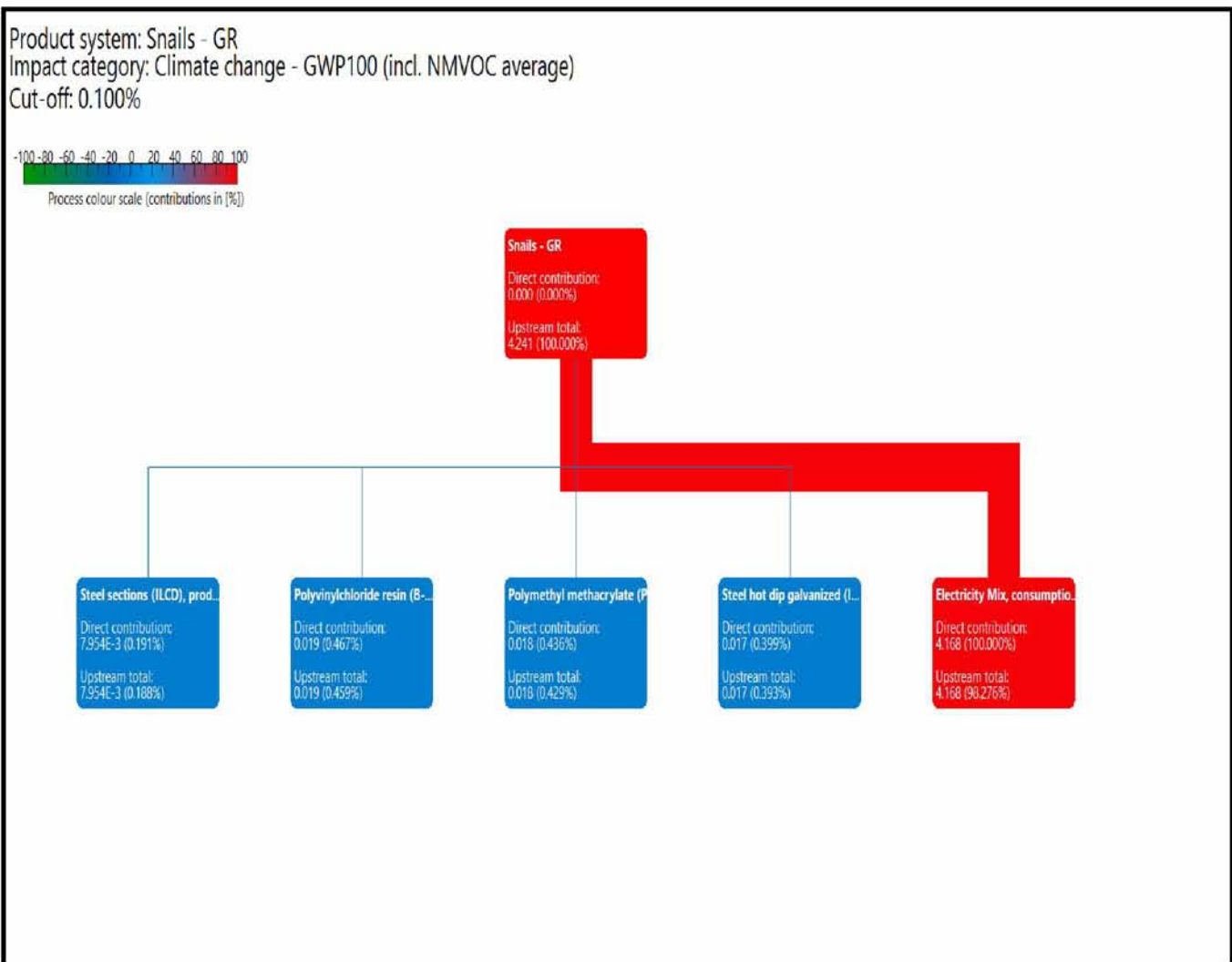
Εικόνα 4.21: Ποσοτική ανάλυση CF της εκτροφής E2

Στο παρακάτω γράφημα-εικόνα αποτυπώνεται η ποσοστιαία συνεισφορά των αερίων του θερμοκηπίου, του CO₂ και του CH₄, στην τελική τιμή του ανθρακικού αποτυπώματος CF της μικτής εκτροφής.



Εικόνα 4.22: Ποσοστιαία συνεισφορά του CO₂ και του CH₄ στην τιμή του CF της εκτροφής E2

Στην εικόνα 4.23 παρουσιάζεται το διάγραμμα Sankey, στο οποίο αποτυπώνεται η συμβολή των πιο σημαντικών εισροών στην κατηγορία επιπτώσεων που αφορούν στην κλιματική αλλαγή. Το πλάτος και το χρώμα των γραμμών παρουσιάζει αναλογικά την επίδραση των πρωτογενών ροών του συστήματος στην τιμή του ανθρακικού αποτυπώματος CF της εκτροφής E2.



Εικόνα 4.23: Διάγραμμα Sankey εκτροφής E2

4.3.5 Επιμέρους ανάλυση ανθρακικού αποτυπώματος (CF) μικτής εκτροφής

Δεδομένου ότι στη μικτή εκτροφή αναπτύσσονται δύο (2) παραγωγικά στάδια, εσωτερική αναπαραγωγή και εξωτερική πάχυνση, σε αυτή την ενότητα θα πραγματοποιηθεί η επιμέρους εκτίμηση του ανθρακικού αποτυπώματος (CF) σε καθένα από αυτά. Σκοπός του υπολογισμού είναι να διαπιστωθεί η συμβολή του κάθε σταδίου στην κατηγορία των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που αφορά στην κλιματική αλλαγή και να γίνει πιο σωστά η σύγκριση μεταξύ των δύο μελετώμενων εκτροφών E1 και E2.

4.3.5.1 Υπολογισμός CF στο στάδιο εσωτερικής αναπαραγωγής E2(p)

Ακολουθώντας τη διαδικασία, όπως περιγράφηκε στις προηγούμενες ενότητες, δημιουργήθηκε μια διεργασία-process στον φάκελο E2 η οποία ονομάστηκε “Snails (p) – GR” και στην οποία έγινε εισαγωγή όλων των εισροών που αφορούν στην εσωτερική αναπαραγωγή.

The screenshot shows the openLCA 1.6.3 software interface. The main window displays the 'Process: Snails (p) - GR' results. The 'Inputs' table lists various materials and their environmental impacts. The 'Outputs' table is partially visible at the bottom.

Flow	Category	Amount	Unit	Costs	Uncertainty	Provider	Data quality entry	Describe...
Fe-Wooden pallet (EUR0)	Production residues in life cycle...	5.64500	mm kg	none		P Dummy_Wood...		
Fe-Steel sections	Materials production/Metals and...	4.19600	mm kg	none		P Steel sections...		
Fe-Steel hot dip galvanized coil	Materials production/Metals and...	4.29600	mm kg	none		P Steel hot dip g...		
Fe-polyethylene resin (E-PMO)	Materials production/Plastics	63.35700	mm kg	none		P Polyethylen...		
Fe-polyethyl methacrylate (PMMA) beads	Materials production/Plastics	12.93000	mm kg	none		P Polyethyl et...		
Fe-Polypropylene general purpose, GPPS, at plant...	plastic/polymeres	20.67900	mm kg	none				
Fe-polypropylene granulate (PP)	Materials production/Plastics	4.76700	mm kg	none		P Polypropylene...		
Fe-polyethylene high density granulate (PE-HD)	Materials production/Plastic	3.42600	mm kg	none		P Polyethylene H...		
Fe-Calcium carbonate (> 63 micron)	Materials production/Other mine...	428.57100	mm kg	none		P Calcium carbon...		
Fe-Soil	Resource/In ground	357.14200	mm kg	none				
Fe-drinking water	Materials production/Water	32.14300	mm kg	none		P Drinking water...		
Fe-electricity mix	Energy carriers and technologies/...	8.4265754	mm MJ	none		P Electricity Mix...		

Flow	Category	Amount	Unit	Cost/Revenues	Uncertainty	Avoided product	Data quality entry	Describe...
Fe-Soil	EU (12-3, 18)	5000.00000	mm kg	none				

Εικόνα 4.24: Εισαγωγή δεδομένων στη διεργασία “Snails (p) – GR” της E2 εκτροφής

Στην συνέχεια δημιουργήθηκε το product system της εσωτερικής αναπαραγωγής της E2 εκτροφής “Snails (p) – GR”, το οποίο συσχετίστηκε με την ομώνυμη διεργασία και προέκυψε το model graph της εικόνας 4.25.

Έπειτα επιλέγοντας το εικονίδιο “Calculate” και τη μέθοδο εκτίμησης επιπτώσεων CML (non baseline) [v.4.4, January 2015] προέκυψε ότι, το ανθρακικό αποτύπωμα CF του σταδίου της εσωτερικής αναπαραγωγής στη μικτή εκτροφή E2 ισούται με :

The screenshot displays the openMICA 1.0.3 application window. The main area shows the 'Impact analysis' results for various environmental indicators. A sidebar on the left lists categories like 'aquatic life', 'climate change', and 'human health'. The main panel has tabs for 'Overview', 'Scenarios - GR', 'Scenarios - OR', 'Scenario - GR', 'Analysis result of Scenario - GR', 'Scenarios - GR', 'Scenarios - OR', and 'Analysis result of Scenarios - GR'. The 'Overview' tab is active, showing a table of impact factors and their corresponding impact results.

Name	Category	Inventory result	Impact factor	Impact result	Unit
Freshwater aquatic eco-toxicity - EATP1900				0.14868	kg 1A-yr
Freshwater sedimental eco-toxicity - FETP100				0.04747	kg 1A-yr
Terrrestrial eco-toxicity - TETP190				0.00046	kg 1A-yr
Terrrestrial eco-toxicity - TETP100 (extended)				0.00031	kg 1A-yr
Ozone layer depletion - CDDP19				1.08445E+01	kg CFC-11
Freshwater aquatic eco-toxicity - EATP1900				0.14868	kg 1A-yr
Depletion of abiotic resources - elements, marine base				2.11601E+01	kg antm.
Marine aquatic eco-toxicity - MAMT1900				0.00141	kg 1A-yr
Marine aquatic eco-toxicity - MAMT1900				0.00014	kg 1A-yr
Eutrophication - average Europe				0.00001	kg N/m ² -yr
Marine sedimentary eco-toxicity - MSOT1900				3.21141E+01	kg 1A-yr
Climate change - upper limit of net GWP1000				4.20621	kg CO2-eq
Climate change - GWP100				4.5001E+01	kg CO2-eq
Marine aquatic eco-toxicity - MAMT1900				0.00052	kg 1A-yr
Ozone layer depletion - CDDP19				1.07718E+01	kg CFC-11
Ozone layer depletion - CDDP19				1.99911E+01	kg CFC-11
Depletion of abiotic resources - elements, economic reserve				1.64701E+01	kg antm.
Marine aquatic eco-toxicity - MAMT100 (extended)				0.00046	kg 1A-yr
Climate change - lower limit of net GWP1000				0.20347	kg CO2-eq
Climate change - GWP100 (incl. NMVOC, averaged)				0.2147E+01	kg CO2-eq
Freshwater aquatic eco-toxicity - FETP100 (extended)				0.00046	kg 1A-yr
Photochemical oxidation - low RfCs				0.00004	kg antm.
Freshwater sedimental eco-toxicity - FETP190				0.04747	kg 1A-yr
CDDP19				1.62201E+01	kg antm.
Photochemical oxidation - high RfCs (incl. NMVOC, averaged)				0.00009	kg antm.
Photochemical oxidation - high RfCs (incl. NMVOC, averaged)				0.00009	kg antm.
Human toxicity - HTF100				0.00009	kg 1A-yr
Photochemical oxidation - ODP time MOI				0.00009	kg antm.
Ozone layer depletion - CDDP19 (time MOI)				0.00009	kg antm.
Ozone layer depletion - CDDP19 (time MOI)				0.00009	kg antm.
Ozone layer depletion - CDDP19 (time MOI)				0.00009	kg antm.
Ozone layer depletion - CDDP19 (time MOI)				0.00009	kg antm.

Σύμφωνα με την Εικόνα 4.27 οι κυριότερες επιπτώσεις στο στάδιο της εσωτερικής αναπαραγωγής στη μικτή εκτροφή E2 οφείλονται πρωτίστως στην κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας για τον φωτισμό, τη θέρμανση, την ψύξη και τη ρύθμιση της υγρασίας του χώρου εσωτερικής αναπαραγωγής, σε ποσοστό που

ανέρχεται στο 98,9 %. Πολύ μικρότερη είναι η συμβολή των υπολοίπων εισροών, όπως η χρήση υλικών PVC (0,46 %) και PMMA (0,43 %), η χρήση ανθρακικού ασβεστίου (0,08 %), οι μεταλλικές κατασκευές (0,05 %), τα πλαστικά υλικά από PP (0,04 %) και από HDPE (0,03 %).

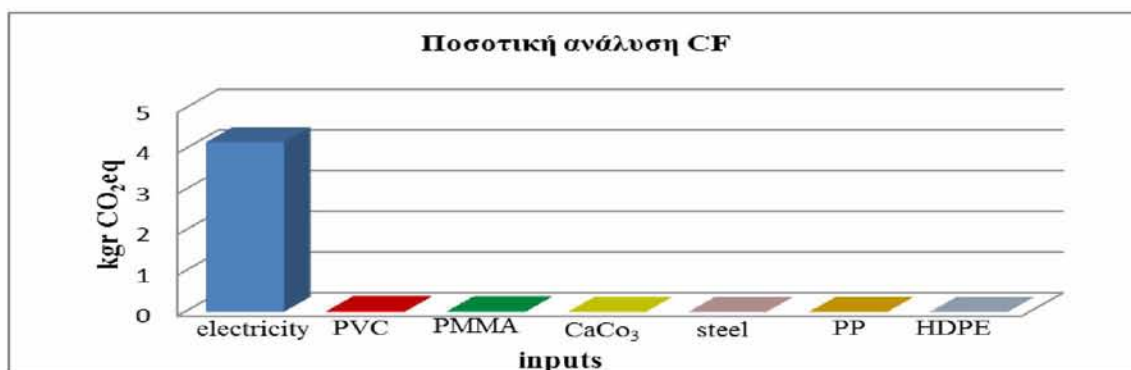
Contributi...	Process	Amount	Unit
100.00%	Snails (p) - GR	4.21473	kg CO2 eq.
> 98.90%	Electricity Mix, consumption mix, at consume...	4.16832	kg CO2 eq.
> 00.46%	Polyvinylchloride resin (B-PVC), production m...	0.01947	kg CO2 eq.
> 00.43%	Polymethyl methacrylate (PMMA) beads, pro...	0.01819	kg CO2 eq.
> 00.08%	Calcium carbonate > 63 microns, at plant, Pr...	0.00340	kg CO2 eq.
> 00.04%	Polypropylene granulate (PP), production mi...	0.00187	kg CO2 eq.
> 00.03%	Polyethylene high density granulate (PE-HD),...	0.00132	kg CO2 eq.
> 00.03%	Steel hot dip galvanized, including recycling, ...	0.00115	kg CO2 eq.
> 00.02%	Steel sections, including recycling, productio...	0.00100	kg CO2 eq.
> 00.00%	Drinking water, production mix, at plant, wat...	3.70668E-6	kg CO2 eq.
00.00%	Dummy_Wooden pallet (EURO)	0.00000	kg CO2 eq.

Εικόνα 4.27: Ποσοστιαία συμβολή των εισροών στην τιμή του CF εσωτερικής αναπαραγωγής στη μικτή εκτροφή E2

Στην εικόνα 4.28 παρουσιάζονται οι επιμέρους τιμές των εισροών σε kg CO₂eq, όπου και πάλι διαπιστώνεται ότι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αντιστοιχεί στη μεγαλύτερη ποσότητα. Οι τιμές διαμορφώθηκαν όπως παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 4.3: Ποσοτικά στοιχεία εισροών εσωτερικής αναπαραγωγής E2 εκτροφής

Inputs	Electricity	B-PVC	PMMA	CaCO ₃	Steel	PP	HDPE
kg CO ₂ eq	4,1696	0,0195	0,0182	0,0034	0,0021	0,0019	0,0013



Εικόνα 4.28: Ποσοτική ανάλυση CF εσωτερικής αναπαραγωγής E2 εκτροφής

4.3.5.2 Υπολογισμός CF στο στάδιο εξωτερικής πάχυνσης της εκτροφής E2(b)

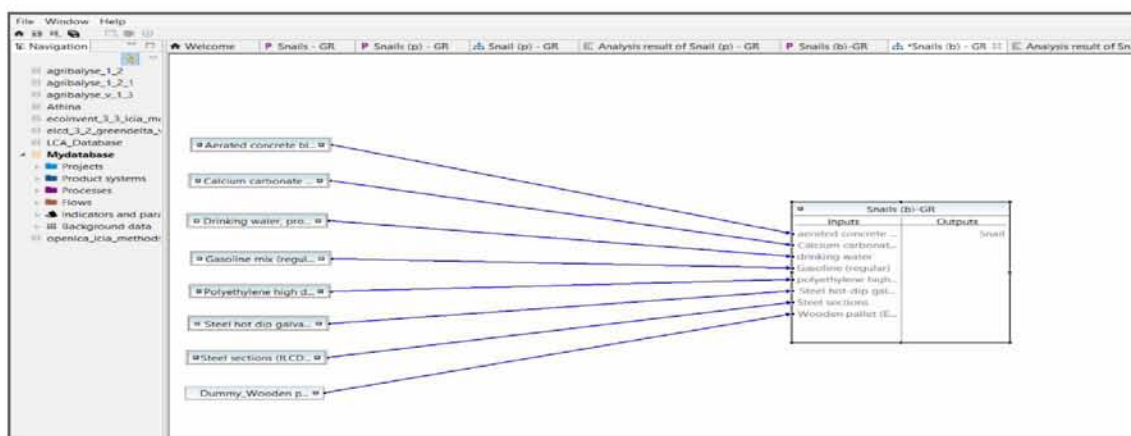
Ακολουθώντας τη διαδικασία, όπως περιγράφηκε στις προηγούμενες ενότητες, δημιουργήθηκε μια διεργασία-process στον φάκελο E2 η οποία ονομάστηκε “Snails (b) – GR” και στην οποία έγινε εισαγωγή όλων των εισροών που αφορούν στην εξωτερική πάχυνση.

Flow	Category	Amount	Unit	Costs	Uncertainty	Provider	Data quality entry	Descript...
Is Steel hot-dip galvanized coil	Materials production/Metals and...	29.37400	m	kg	none	P Steel hot dip g...		
Is polyethylene high density granulate (PE-HD)	Materials production/Plastics	5.12600	m	kg	none	P Polyethylene H...		
Is aerated concrete block	Systems/Construction	10.19600	m	kg	none	P Aerated concre...		
Is Steel sections	Materials production/Metals and...	21.24000	m	kg	none	P Steel sections IL...		
Is Wooden pallet (EURD)	Production residues in life cycle/...	56.67000	m	kg	none	P Dummy_Wood...		
Is Gasoline (regular)	Energy carriers and technologies/...	0.59100	m	kg	none	P Gasoline mix (r...		
Is Chlorpyrifos	Emission to air/high population/...	30.03000	m	kg	none			
Is Calcium carbonate (> 99 microns)	Materials production/Other mine...	75.03000	m	kg	none	P Calcium carbon...		
Is drinking water	Materials production/Water	12.60000	m	kg	none	P Drinking water...		

Flow	Category	Amount	Unit	Costs/Revenues	Uncertainty	Avoided product	Data quality entry	Descript...
Is Snail	E2 (13-2-18)	5000.00000	m	kg	none			

Εικόνα 4.29: Εισαγωγή δεδομένων στη διεργασία “Snails (b) – GR” της E2 εκτροφής

Στην συνέχεια δημιουργήθηκε το product system της εξωτερικής πάχυνσης της E2 εκτροφής “Snails (b) – GR”, το οποίο συσχετίστηκε με την ομώνυμη διεργασία και προέκυψε το model graph της εικόνας 4.30.



Εικόνα 4.30: Model graph του Product System “Snails (b) – GR” της E2

Έπειτα επιλέγοντας το εικονίδιο “Calculate” και τη μέθοδο εκτίμησης επιπτώσεων CML (non baseline) [v.4.4, January 2015] προέκυψε ότι, το ανθρακικό αποτύπωμα CF του σταδίου της εξωτερικής πάχυνσης στη μικτή εκτροφή E2 ισούται με:

$$CF_{E2(b)} = 0.02545 \text{ Kg CO}_2eq$$

Name	Category	Inventory result	Impact factor	Impact result	Unit
F1: Freshwater aquatic ecotoxicity - FAETP100				3.11301	kg 1,4-dB...
F1: Freshwater sedimental ecotoxicity - FSETP100				2.20262	kg 1,4-dB...
F1: Terrestrial ecotoxicity - TETP100				0.00076	kg 1,4-dB...
F1: Terrestrial ecotoxicity - TETP100 (extended)				0.00080	kg 1,4-dB...
F1: Ozone layer depletion - ODP100				2.38114E-10	kg CFC-1...
F1: Freshwater aquatic ecotoxicity - FAETP100				3.11300	kg 1,4-dB...
F1: Depletion of abiotic resources - elements, reserve base				96.75202	kg antih...
F1: Marine aquatic ecotoxicity - MAETP100				0.02241	kg 1,4-dB...
F1: Marine aquatic ecotoxicity - MAETP100				0.37353	kg 1,4-dB...
F1: Acidification - average Europe				4.43301E-5	kg HCl eq...
F1: Marine sedimental ecotoxicity - MSETP100				0.02625	kg 1,4-dB...
F1: Climate change - global warming potential (GWP100)				0.02807	kg CO2 eq...
F1: Climate change - GWP100				0.02878	kg CO2 eq...
F1: Marine aquatic ecotoxicity - MAETP100				0.37259	kg 1,4-dB...
F1: Ozone layer depletion - ODP100				2.38256E-10	kg CFC-1...
F1: Ozone layer depletion - ODP100				2.38319E-10	kg CFC-1...
F1: Depletion of abiotic resources - elements, economic reserve				1.71916E-6	kg antih...
F1: Marine aquatic ecotoxicity - MAETP100 (extended)				1.17009	kg 1,4-dB...
F1: Climate change - global warming potential (GWP100)				0.02545	kg CO2 eq...
F1: Climate change - GWP100 (incl. NMVOC average)				0.02545	kg CO2 eq...
F1: Freshwater aquatic ecotoxicity - FAETP100 (extended)				3.11301	kg 1,4-dB...
F1: Photochemical oxidation - low NOx				1.11511E-5	kg ethyl...
F1: Freshwater sedimental ecotoxicity - FSETP100				2.20261	kg 1,4-dB...
F1: Ozone				4.4151314E-5	kg...
F1: Photochemical oxidation - high NOx (incl. NMVOC average)				1.10402E-5	kg ethyl...
F1: Photochemical oxidation - high NOx (incl. NMVOC average)				1.10402E-5	kg ethyl...
F1: Human toxicity - HTP100				0.12862	kg 1,4-dB...
F1: Photochemical oxidation - ERM (low NOx)				1.07013E-5	kg ethyl...
F1: Ozone layer depletion - GWP100 (incl. NMVOC average)				6.10040E-10	kg CFC-1...
F1: Ozone layer depletion - ODP100				2.38056E-10	kg CFC-1...

Εικόνα 4.31: Υπολογισμός CF εξωτερικής πάχυνσης στη μικτή εκτροφή E2

Σύμφωνα με την Εικόνα 4.32 οι κυριότερες επιπτώσεις στο στάδιο της εξωτερικής πάχυνσης στη μικτή εκτροφή E2 οφείλονται αρχικά στη χρήση υλικών από χάλυβα που χρησιμοποιήθηκαν για την περιφράξη της εκτροφής και τις κολώνες στήριξης του Διχτυοκηπίου, με ποσοστά 57,11 % και 26,10 %, αντίστοιχα. Ακολουθεί η χρήση υλικών HDPE (δίκτυ σκίασης & συσκευασίας) με ποσοστό 7,75 %, το σκυρόδεμα περιμετρικής περιφράξης με ποσοστό 6,39 % και η χρήση ανθρακικού ασβεστίου, η ποσότητα του οποίου ανέρχεται σε 2,34 %. Πολύ μικρότερη είναι η συμβολή των υπολοίπων εισροών, όπως η χρήση βενζίνης για τη λειτουργία των αγροτικών μηχανημάτων (0,32 %) και η χρήση νερού (0,01 %).

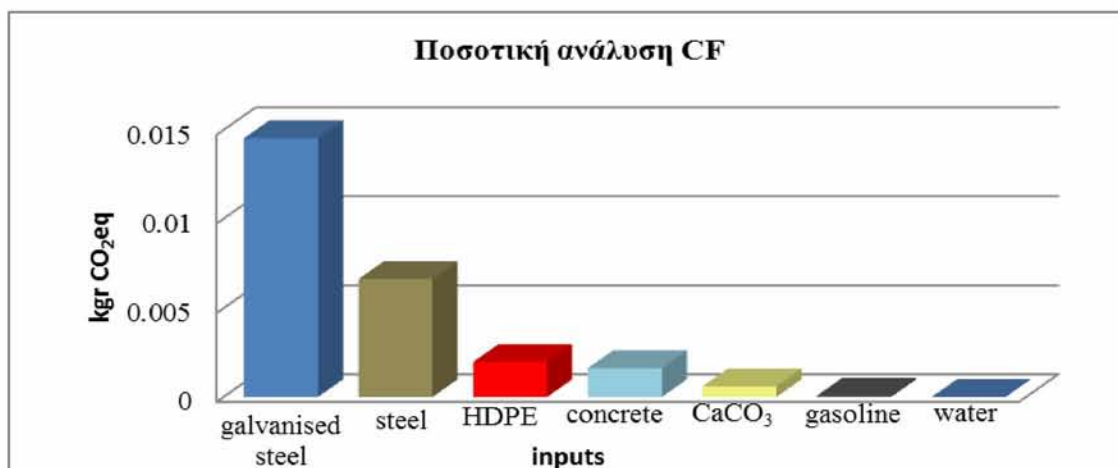
Contributi...	Process	Amount	Unit
100.00%	Snails (b)-GR	0.02545	kg CO2 eq.
> 57.11%	Steel hot dip galvanized (ILCD), p...	0.01453	kg CO2 eq.
> 26.10%	Steel sections (ILCD), production ...	0.00664	kg CO2 eq.
> 07.75%	Polyethylene high density granula...	0.00197	kg CO2 eq.
> 06.39%	Aerated concrete block, producti...	0.00163	kg CO2 eq.
> 02.34%	Calcium carbonate > 63 microns, ...	0.00059	kg CO2 eq.
> 00.32%	Gasoline mix (regular) at refinery, ...	8.01942E-5	kg CO2 eq.
> 00.01%	Drinking water, production mix, at...	1.45301E-6	kg CO2 eq.
00.00%	Dummy_Wooden pallet (EURO)	0.00000	kg CO2 eq.

Εικόνα 4.32: Ποσοστιαία συμβολή των εισροών στην τιμή του CF εξωτερικής πάχυνσης στη μκτική εκτροφή E2

Στην εικόνα 4.33 φαίνονται οι επιμέρους τιμές των εισροών σε kg CO₂eq, όπου και πάλι διαπιστώνεται ότι η χρήση υλικών από χάλυβα αντιστοιχεί στη μεγαλύτερη ποσότητα. Οι τιμές διαμορφώθηκαν όπως παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 4.4: Ποσοτικά στοιχεία εισροών εξωτερικής πάχυνσης E2 εκτροφής

Inputs	galvanized steel	steel sections	HDPE	concrete	CaCO ₃	gasoline	water
Kg CO ₂ eq	0,014532	0,06642	0,00197	0,00162	0,000595	8,02*10 ⁻⁵	1,45*10 ⁻⁶



Εικόνα 4.33: Ποσοτική ανάλυση CF του σταδίου εξωτερικής πάχυνσης της E2 εκτροφής

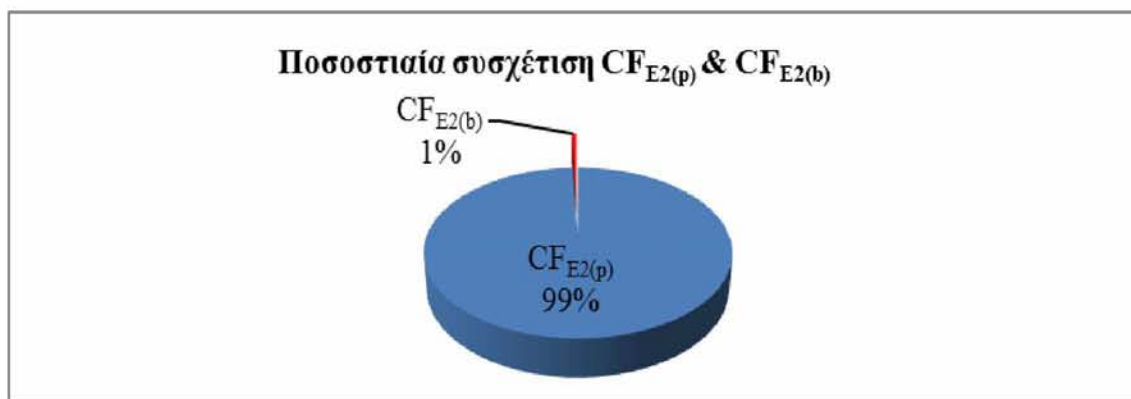
4.3.5.3. Συσχέτιση CF εσωτερικής αναπαραγωγής & εξωτερικής πάχυνσης

Όπως υπολογίστηκε στην ενότητα 4.3.4 το ανθρακικό αποτύπωμα CF για την παραγωγή ενός (1) κιλού σαλιγκαριού στην μικτή εκτροφή ισούται με **4.24146 Kg CO₂eq**, το οποίο σύμφωνα με τους παραπάνω υπολογισμούς (ενότητες 4.3.5.1. & 4.3.5.2.) αναλύεται ως εξής στον πίνακα 4.5:

Πίνακας 4.5: Υπολογισμός επιμέρους και συνολικού CF στην μικτή εκτροφή E2

CF	kg CO ₂ eq
CF _{E2(p)}	4.21601
CF _{E2(b)}	0.02545
CF _{E2}	4.24146

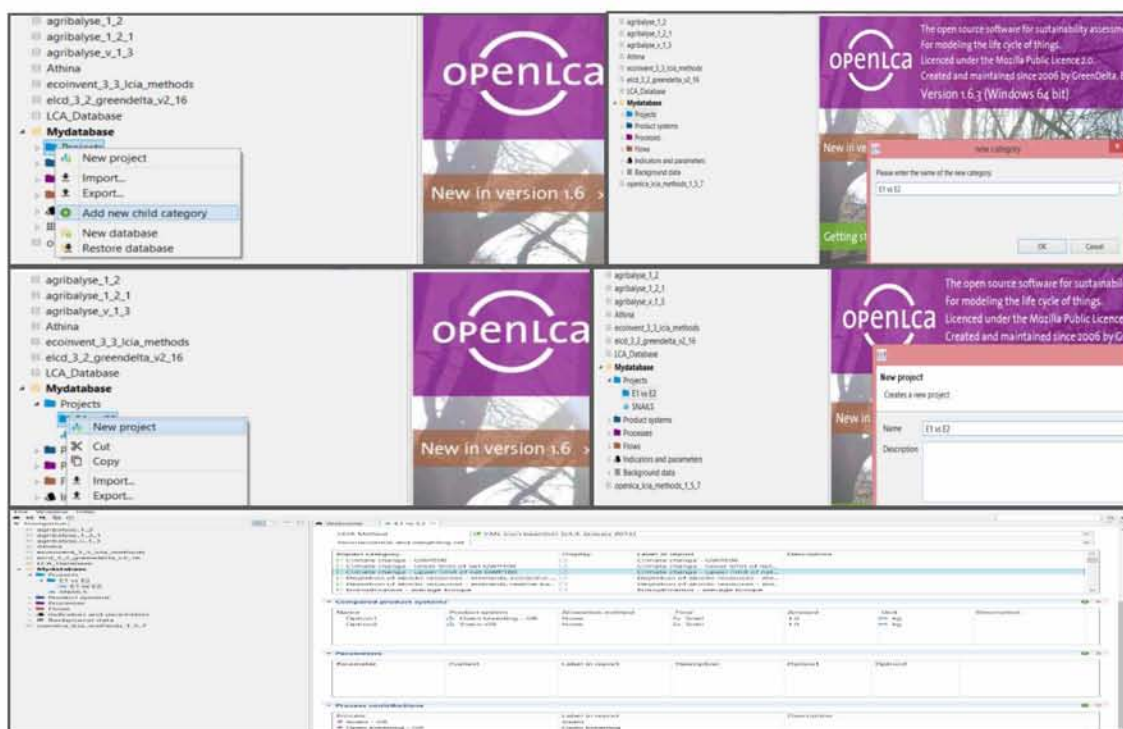
Οι συνολικές επιπτώσεις οφείλονται κυρίως στην εσωτερική αναπαραγωγή, ενώ αμελητέες παρουσιάζονται στην εξωτερική πάχυνση. Ποσοστιαία η σχέση των δύο υπολογισμών αποτυπώνεται στην εικόνα 4.34, όπου παρατηρείται ότι η εσωτερική αναπαραγωγή συμβάλλει κατά 99 % στην εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με την εξωτερική πάχυνση που ανέρχεται μόλις στο 1 %.



Εικόνα 4.34: Ποσοστιαία συσχέτιση CF_{E2(p)} & CF_{E2(b)}

4.4 Σύγκριση των CF των συστημάτων εκτροφής E1 και E2 μέσω του openLCA

Προκειμένου να συγκριθούν τα δύο συστήματα εκτροφής (E1 & E2) από το λογισμικό πρόγραμμα openLCA ως προς τη συγκεκριμένη κατηγορία επιπτώσεων που αφορά στην κλιματική αλλαγή, δημιουργήθηκε ένα project το “E1 vs E2” στο οποίο προστέθηκαν τα δύο product systems (Εικόνα 4.35) και επιλέχθηκε η CML (non baseline) (v. 4.4, January 2015) μέθοδος αξιολόγησης επιπτώσεων.



Εικόνα 4.35: Δημιουργία project “E1 vs E2”

Με τη δημιουργία του project “E1 vs E2” επιλέχθηκε το εικονίδιο “Report” και προέκυψαν τα αναφερόμενα στην εικόνα 4.36, σύμφωνα με τα οποία το μέγιστο αποτέλεσμα έχει ρυθμιστεί στο 100 % (CF_{E2}) και το μικρότερο (CF_{E1}) υπολογίστηκε σε σχέση με αυτό, ήτοι 12,43 %.



Εικόνα 4.36: Ερμηνεία του project “E1 vs E2”

4.5 Σύγκριση των CF των συστημάτων εκτροφής E1 και E2 βάσει της έρευνας

Όπως περιγράφηκε στις προηγούμενες ενότητες η ανοικτή εκτροφή (E1) πραγματοποιείται σε περιφραγμένο αγρόκτημα (αναπαραγωγή και πάχυνση), ενώ η μικτού τύπου εκτροφή (E2) συνδυάζει την αναπαραγωγή εντός κτιριακής εγκατάστασης και την πάχυνση σε Διχτυοκήπιο. Η παρεμβολή της εσωτερικής αναπαραγωγής στην δεύτερη περίπτωση και η κατασκευή του Διχτυοκηπίου, αποτελούν τις βασικές διαδικασίες στη διαφοροποίηση του ανθρακικού αποτυπώματος. Το ανθρακικό αποτύπωμα της E1 εκτροφής υπολογίστηκε 0,52728 Kg CO₂eq, ενώ της E2 εκτροφής 4,24146 Kg CO₂eq, κατά 12,43 % μεγαλύτερο.

Πίνακας 4.6: Παράθεση των CF των συστημάτων εκτροφής E1 και E2

Τύπος εκτροφής	Ανθρακικό αποτύπωμα	Μονάδα μέτρησης
Ανοικτή εκτροφή	0,52728	Kg CO ₂ eq
Μικτή εκτροφή	4,24146	Kg CO ₂ eq

Και στις δύο περιπτώσεις τη μεγαλύτερη συμβολή στο ανθρακικό αποτύπωμα έχει η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας με ποσοστά 79,6 % για την ανοικτή εκτροφή και 98,3 % για τη μικτή.

Στην E1 εκτροφή ακολουθεί η χρήση υλικών HDPE (δίχτυ & λάστιχα ποτίσματος) με ποσοστό 8,65 %, η χρήση μεταλλικών υλικών (λαμαρίνα & πλέγμα περίφραξης) με ποσοστό 7,26 % και τέλος η κατανάλωση καυσίμου για τη λειτουργία των αγροτικών μηχανημάτων, η οποία υπολογίστηκε 2,87 %.

Πίνακας 4.7: Ποσοστά συμβολής εισροών στο CF_{E1}

Τύπος εισροής	Ποσοστό
Electricity	79,6 %
HDPE	8,65 %
Steel	7,26 %
Gasoline	2,87 %

Στην E2 εκτροφή τα ποσοστά συμβολής στο ανθρακικό αποτύπωμα διαμορφώνονται σύμφωνα με τα δεδομένα του πίνακα 4.8, όπου η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, η χρήση μεταλλικών υλικών (σκελετός κλωβών, ράφια κλπ.) και πλαστικών (δάπεδο κλωβών & καταφύγια) είναι κυρίως στοιχεία της αναπαραγωγικής διαδικασίας.

Πίνακας 4.8: Ποσοστά συμβολής εισροών στο CF_{E2}

Τύπος εισροής	Ποσοστό
Electricity	98,3 %
Steel	0,58 %
PVC	0,46 %
PMMA	0,43 %

Με πολύ μικρότερη τιμή, επηρεάζοντας ελάχιστα το τελικό αποτέλεσμα του ανθρακικού αποτυπώματος της E1 εκτροφής, παρουσιάζεται η μεταφορά των πρώτων υλών (απόσταση περίπου 25 km) με ποσοστό 0,96 %, η χρήση πολυπροπυλενίου (αντιπαγετικό ύφασμα & τελάρα συλλογής) με ποσοστό 0,57 %, το νερό και το ανθρακικό ασβέστιο με ποσοστά 0,07 % και 0,02 %, αντίστοιχα. Στη διαμόρφωση της τιμής του ανθρακικού αποτυπώματος δεν συμβάλλει καθόλου η χρήση των ξύλινων καταφυγίων και πασσάλων, καθώς και η τροφή.

Σχετικά με την E2 εκτροφή, πολύ μικρή συμβολή στο ανθρακικό αποτύπωμά της παρουσιάζει η χρήση ανθρακικού ασβεστίου (0,09 %), τα υλικά HDPE (δίκτυ σκίασης, περίφρασης & συλλογής των σαλιγκαριών, αρδευτικές σωλήνες κλπ.) με ποσοστό 0,08 %, τα πλαστικά τελάρα (0,04 %) και το τσιμέντο της περιμετρικής περίφραξης (0,04 %). Δεν παρουσιάζει καμία (ή μηδαμινή) περιβαλλοντική επίπτωση η κατανάλωση καυσίμου και νερού, η χορήγηση τροφής, καθώς και η χρήση ξύλινων υλικών (καταφύγια κλπ.).

4.6 Σύγκριση του CF σαλιγκαριών με άλλες πηγές κρέατος

Όπως σε προηγούμενες ενότητες αναφέρθηκε, για την παραγωγή 1kg σαλιγκαριού το ανθρακικό αποτύπωμα για τις δύο τύπου εκτροφές υπολογίστηκε σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 5.1: CF_{E1} και CF_{E2} ανά κιλό σαλιγκαριού

Τύπος εκτροφής	Ανθρακικό αποτύπωμα	Μονάδα μέτρησης
Ανοιχτή εκτροφή	0,52728	Kg CO ₂ eq
Μικτή εκτροφή	4,24146	Kg CO ₂ eq

Προκειμένου να γίνει η σύγκριση των παραπάνω ανθρακικών αποτυπωμάτων με αυτά άλλων παραγωγικών ζώων, θα πρέπει να γίνει η αναγωγή των δεδομένων του Πίνακα 5.1 ανά κιλό κρέατος σαλιγκαριού. Η ποσότητα καθαρού κρέατος που υπάρχει στα υπό μελέτη σαλιγκάρια (*Helix aspersa* & *Helix aspersa maxima*), αντιστοιχεί στο 40 % περίπου του συνολικού βάρους του ζώου. Αυτό σημαίνει ότι από κάθε κιλό σαλιγκαριών τα 0,4 kg αποτελούν το βρώσιμο μέρος. Έτσι τα αποτελέσματα του Πίνακα 5.1 διαμορφώνονται ως εξής:

Πίνακας 5.2: CF_{E1} και CF_{E2} ανά κιλό σαλιγκαριού και ανά κιλό κρέατος σαλιγκαριού

Τύπος εκτροφής	CF ανά κιλό σαλιγκαριού	CF ανά κιλό κρέατος σαλιγκαριού	Μονάδα μέτρησης
Ανοιχτή εκτροφή	0,52728	0,21091	Kg CO ₂ eq
Μικτή εκτροφή	4,24146	1,69658	Kg CO ₂ eq

Μεταξύ πηγών κρέατος από ασπόνδυλα, το ανθρακικό αποτύπωμα των σαλιγκαριών της ανοιχτής εκτροφής υπολογίστηκε χαμηλότερο, ενώ παρουσιάζεται αρκετά κοντά με αυτό της μικτής εκτροφής. Συγκεκριμένα το CF των σκουληκιών υπολογίστηκε 2,7 Kg CO₂eq (Oonincx and de Boer 2012), ενώ των μυδιών 1 Kg CO₂eq σε εκτροφή στην Ισπανία (Nijdam et al. 2012; Iribarren et al. 2010) και 0,7 Kg CO₂eq σε εκτροφή στη Σκωτία (SARF 2012).

Σε αντίθεση με τα παραπάνω, η συμβατική εκτροφή μεγαλύτερων παραγωγικών ζώων επιφέρει σημαντικές επιπτώσεις σε ένα ευρύ φάσμα περιβαλλοντικών πτυχών. Σε παγκόσμιο επίπεδο, η κτηνοτροφία συμβάλλει σημαντικά στις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου. Σύμφωνα με στοιχεία της Διακυβερνητικής Επιτροπής Κλιματικής Αλλαγής (IPCC), η κτηνοτροφία είναι υπεύθυνη για το 8 - 10,8 % των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG), ενώ βάσει της ανάλυσης του κύκλου ζωής, η συνεισφορά των ζώων ανέρχεται στο 18 % των παγκόσμιων εκπομπών. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, η κτηνοτροφία καταλαμβάνει περίπου το 28 % της επιφάνειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η εντερική ζύμωση είναι η κύρια πηγή εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (36 %), ακολουθούμενη από εκπομπές ρύπων N₂O (28 %). Στη χώρα μας για το έτος 2005 σύμφωνα με τη Σύμβαση-Πλαίσιο (2007), το 42 % των εκπομπών μεθανίου προέρχεται από την κτηνοτροφία (εντερική ζύμωση και διαχείριση κοπριάς).

Οι εντερικές ζυμώσεις των μηρυκαστικών, η διάθεση/διαχείριση των αποβλήτων των κτηνοτροφικών μονάδων και οι γεωργικές δραστηριότητες, άμεσα συνδεδεμένες με την εκτροφή ζώων αποτελούν τις κύριες πηγές εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από τα συστήματα ζωικής παραγωγής. Πιο συγκεκριμένα, εκπέμπεται N₂O που σχετίζεται με την εφαρμογή αζωτούχων λιπασμάτων και τη διαχείριση των αποβλήτων των ζώων, CH₄ που προέρχεται από τις εντερικές ζυμώσεις και τη

διαχείριση κόπρου (Crosson et al. 2011) και CO₂ που αφορά στην ενέργεια που καταναλώνεται για τη συγκομιδή των ζωοτροφών, για την διάθεση της κοπριάς, για την παραγωγή λιπασμάτων αζώτου, φωσφόρου και ζιζανιοκτόνων και τέλος για την τροφοδοσία και τη διαχείριση των ζώων (Beauchemin et al. 2010). Οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (GHG) που προκύπτουν από τη αλλαγή χρήσης γης (LUC) εκτιμήθηκαν σε περίπου 17 % του συνόλου των ανθρωπογενών εκπομπών το 2004 (Baker et al. 2007).

Για την παραγωγή ενός κιλού προϊόντος, το βόειο κρέας είχε μακράν τη μεγαλύτερη εκπομπή αερίων θερμοκηπίου με τιμή ανθρακικού αποτυπώματος που ποικίλει ανάλογα με τον τύπο εκτροφής. Έτσι, σύμφωνα με τους Nijdam et al. (2012) κυμαίνεται από 9 kg CO₂eq έως 129 kg CO₂eq. Η παραγωγή 1 κιλού χοιρινού κρέατος υπολογίστηκε 4-11 kg CO₂eq, 1 κιλού κρέατος κοτόπουλου 2-6 kg CO₂eq και 1 κιλού κρέατος αρνιού 10-150 kg CO₂eq (ανάλογα με τον τύπο εκτροφής) (Nijdam et al. 2012). Ωστόσο, υπάρχουν σημαντικές διαφορές στις εκπομπές GHG ανά μονάδα προϊόντος μεταξύ των χωρών της ΕΕ, οι οποίες οφείλονται στα ποικίλα συστήματα εκτροφής, στους τύπους ζωοτροφών και στην αποτελεσματικότητα της χρήσης θρεπτικών ουσιών (Greenhouse gas emission profiles of European livestock sectors, Lesschen et al. 2011).

Η πρόοδος στον μετριασμό των αερίων θερμοκηπίου είναι ζωτικής σημασίας για τη βιώσιμη κτηνοτροφία παγκοσμίως. Από το 2001 και κάθε τρία (3) χρόνια διεξάγεται παγκόσμιο συνέδριο για τα αέρια του θερμοκηπίου και την κτηνοτροφία το “Greenhouse Gas and Animal Agriculture Conference (GGAA)”. Αυτή η επιστημονική συνάντηση προσελκύει κορυφαίους επιστήμονες και υπεύθυνους χάραξης πολιτικής διότι μόνο μέσω έρευνας και καινοτόμων τρόπων παραγωγής τροφίμων μπορεί να

μειωθούν οι εκπομπές από τα συστήματα ζωικής παραγωγής, αυξάνοντας ταυτόχρονα την παραγωγή (Greenhouse gases in animal agriculture – Finding a balance between food production and emissions, McAllister et al 2011). Ο Οργανισμός των Ηνωμένων Εθνών για το Τρόφιμο και τη γεωργία, FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) αναπτύσσει ολοκληρωμένες και τυποποιημένες μεθόδους για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του ζωικού κεφαλαίου (FAO 2013).

4.7 Περιβαλλοντικός σχεδιασμός εκτροφής σαλιγκαριών

Σχετικά με τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο της σαλιγκαροτροφίας, αξίζει να σημειωθεί ότι σύμφωνα με την Υ.Α. ΔΙΠΑ/οικ.37674/2016 (Φ.Ε.Κ. 2471/Β/10-08-2016) που αφορά στην κατάταξη έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες ανάλογα με τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον, η εκτροφή σαλιγκαριών υπάγεται στη Β Κατηγορία, η οποία περιλαμβάνει έργα και δραστηριότητες που χαρακτηρίζονται από τοπικές και μη σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Επιπλέον, για την εκτροφή σαλιγκαριών δεν ορίζεται η έννοια του ισοδύναμου ζώου, οπότε δεν εμπίπτει στις διατάξεις του Παραρτήματος του άρθρου 20 του Ν. 4056/2012 (Φ.Ε.Κ. 52/Α/12-03-2012) περί ελάχιστων αποστάσεων, μεταξύ κτηνοτροφικών εγκαταστάσεων και χώρων ή δραστηριοτήτων που χρήζουν προστασίας. Σύμφωνα λοιπόν με τα προαναφερθέντα γίνεται κατανοητό πως δεν υπάρχει περιορισμός για την χωροθέτηση και λειτουργία μιας εκτροφής σαλιγκαριών. Σε περίπτωση που αυτή χωροθετείται σε προστατευόμενη περιοχή του δικτύου Natura 2000, σύμφωνα με το άρθρο 10 του Ν.4014/2011 (ΦΕΚ 209/Α’/21-09- 2011), η περιβαλλοντική αδειοδότηση απαιτεί τη σύνταξη και υποβολή ειδικής οικολογικής αξιολόγησης στην αρμόδια Υπηρεσία Περιβάλλοντος της Περιφέρειας. Η Ειδική Οικολογική Αξιολόγηση περιλαμβάνει την καταγραφή

στοιχείων φυσικού περιβάλλοντος με έμφαση στα προστατευτέα αντικείμενα της περιοχής Natura που δύναται να επηρεαστούν και την εκτίμηση των πιθανών επιπτώσεων, μεμονωμένα ή σε συνδυασμό με άλλα έργα ή δραστηριότητες, λαμβανομένων υπόψη των στόχων διατήρησης των συγκεκριμένων περιοχών Natura.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Σύγκριση των συστημάτων εκτροφής E1 και E2

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των δύο εκτροφών και με δεδομένη την παραδοχή ότι το κτίριο εσωτερικής πάχυνσης της E2 εκτροφής δεν λήφθηκε υπόψη στον υπολογισμό του ανθρακικού αποτυπώματος, διότι αποτελεί εγκατάσταση προϋπάρχουσα της έναρξης λειτουργίας της δραστηριότητας, διαπιστώνεται ότι η εκτροφή ελεγχόμενων συνθηκών (E2) έχει το πλεονέκτημα της υψηλής παραγωγικότητας αλλά ταυτόχρονα έχει πιο αυξημένο περιβαλλοντικό αντίκτυπο. Η διαφορά των τιμών των ανθρακικών αποτυπωμάτων ήταν αναμενόμενη καθώς η παραγωγική διαδικασία της E2 εκτροφής είναι πιο πολύπλοκη κατασκευαστικά και λειτουργικά έναντι της ανοιχτής.

Και στις δύο περιπτώσεις τη μεγαλύτερη συμβολή στο ανθρακικό αποτύπωμα, έχει η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Το ποσοστό στην μικτή εκτροφή παρουσιάζεται υψηλότερο από αυτό της ανοικτής, δεδομένης της ξεχωριστής και ενεργειακά πιο απαιτητικής εσωτερικής αναπαραγωγής.

Ιεραρχικά στην ανοιχτού τύπου εκτροφή ακολουθεί η χρήση HDPE και χαλύβδινων υλικών, η οποία είναι εκτενέστερη της μικτής, λόγω χωρικής ανάπτυξης (E1: 15 στρέμματα, E2: 5 στρέμματα).

Η κατανάλωση καυσίμου για τη λειτουργία των αγροτικών μηχανημάτων που ακολουθεί στην E1 εκτροφή είναι επίσης μεγαλύτερη από αυτή στην E2 εκτροφής δεδομένου ότι οι γεωργικές εργασίες γίνονται σε μεγαλύτερο βαθμό (μεγαλύτερη έκταση εκτροφής).

Στη μικτή εκτροφή παρουσιάζεται αυξημένη χρήση πλαστικών υλικών PVC, PMMA και PP, εξοπλισμού απαραίτητου για την αναπαραγωγική διαδικασία, γεγονός

που δεν ισχύει για την ανοιχτού τύπου εκτροφή όπου η μόνη χρήση υλικών πολυπροπυλενίου αφορά στην τοποθέτηση αντιπαγετικού υφάσματος.

Συνεισφορά στην τιμή του ανθρακικού αποτυπώματος στην E1 εκτροφή αποδόθηκε επιπλέον και στη μεταφορά των πρώτων υλών προς αυτή, κάτι που δεν παρατηρήθηκε στην περίπτωση της μικτής εκτροφής. Αυτό οφείλεται κυρίως στη χωροθέτηση των δύο δραστηριοτήτων σε σχέση με την απόσταση τους από αστικές περιοχές (σημεία προμήθειας), οι οποίες διαφοροποιούνται αρκετά εάν ληφθεί υπόψη ότι για την E1 εκτροφή απαιτείται μεταφορά περίπου 25km, σε αντίθεση με την E2 εκτροφή όπου η απόσταση ανέρχεται μόλις στο 1km.

Σημαντική διαφοροποίηση, άλλα όχι καθοριστική για την τιμή του ανθρακικού αποτυπώματος των δύο εκτροφών, παρουσίασε και η χρήση νερού. Αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι στην E1 εκτροφή η τροφή προέρχεται αποκλειστικά από την καλλιέργεια φυτών, σε αντίθεση με τη μικτού τύπου εκτροφή όπου το μεγαλύτερο μέρος των αναγκών αυτών καλύπτεται με τη χορήγηση σιτηρεσίου και δευτερευόντως με συμπληρωματική σίτιση φυτών. Επίσης, για τη διατήρηση των σωστών συνθηκών υγρασίας και στις δύο εκτροφές, υπάρχει σύστημα υδρονέφωσης το οποίο όμως διαφέρει σημαντικά ως προς το μέγεθος, δεδομένης της μεγάλης απόκλισης της έκτασης που καταλαμβάνουν οι δύο δραστηριότητες.

Τέλος, η χορήγηση ανθρακικού ασβεστίου και στις δύο περιπτώσεις παρουσίασε παρόμοια συμβολή στη διαμόρφωση του ανθρακικού αποτυπώματος.

Συμπερασματικά συγκρίνοντας τους δύο τύπους εκτροφής, μπορούμε στα πλεονεκτήματα της ανοιχτής εκτροφής, που αφορούν στην καλή ποιότητα προϊόντος, στο σχετικά μικρό ύψος επένδυσης και στο χαμηλό κόστος παραγωγής, να προσθέσουμε και αυτό του μικρότερου ανθρακικού αποτυπώματος.

- Σύγκριση σαλιγκαροτροφίας με άλλες εκτροφές

Σύμφωνα με τα στοιχεία που παρατέθηκαν σε προηγούμενη ενότητα και αφορούν στο ανθρακικό αποτύπωμα άλλων πηγών κρέατος, η σημαντική διαφοροποίηση που προέκυψε σε σχέση με το ανθρακικό αποτύπωμα των μονάδων εκτροφής σαλιγκαριών, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η σαλιγκαροτροφία αποτελεί μια φιλοπεριβαλλοντική δραστηριότητα έναντι άλλων εκτροφών. Με εξαίρεση τις εκτροφές ασπόνδυλων, των οποίων οι επιπτώσεις στο περιβάλλον και πιο συγκεκριμένα στην κλιματική αλλαγή εμφανίζονται μετριασμένες, οι υπόλοιπες εκτροφές (βόειου, χοιρινού κρέατος κλπ.) παρουσιάζουν σχετικά υψηλό ανθρακικό αποτύπωμα.

Σύμφωνα με την ισχύουσα περιβαλλοντική νομοθεσία που διέπει την εκτροφή σαλιγκαριών, οι συγκεκριμένες δραστηριότητες στο σύνολό τους χαρακτηρίζονται από τοπικές και μη σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, σε αντίθεση με άλλες πτηνοκτηνοτροφικές εγκαταστάσεις. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η εκτροφή σαλιγκαριών, ακόμη και η μικτού τύπου που περιλαμβάνει κτιριακή εγκατάσταση, αποτελεί μια πιο ήπια επέμβαση εν συγκρίσει με τις πολύπλοκες κτιριακές κατασκευές άλλων κτηνοτροφικών δραστηριοτήτων. Επιπλέον, η παραγωγική διαδικασία της εκτροφής σαλιγκαριών δεν παρουσιάζει σημαντικές και δύσκολα διαχειρίσιμες ποσότητες υγρών ή στερεών αποβλήτων, κάτι που δεν ισχύει με τις εκτροφές άλλων παραγωγικών ζώων.

Συμπερασματικά θεωρείται ότι από τη στιγμή που το ανθρακικό αποτύπωμα υπολογιστεί, είναι δυνατό να χαραχτεί μια στρατηγική μείωσης του, η οποία θα περιλαμβάνει τεχνολογικές βελτιώσεις, καλύτερη επεξεργασία και διαχείριση των προϊόντων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξένη βιβλιογραφία

- Acero A.P., Rodríguez C., Cirot A. (2017) Open LCA manual openLCA 1.6 Getting started software version 1.6 GreenDelta, LCIA methods, Impact assessment methods in Life Cycle Assessment and their impact categories
- Barker T., Bashmakov I., Bernstein L., Bogner J. E., Bosch P. R., Dave R., Davidson O. R., Fisher B. S., Gupta S., Halsnæs K. et al. (2007). Technical Summary. In Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; Metz B., et al. , Eds., Cambridge University Press: Cambridge, U.K. and New York
- Basset-Mens C., Kelliher F., Ledgard S., Cox N. (2009) Uncertainty of global warming potential for milk production on a New Zealand farm and implications for decision making. *Int J LCA*, 14(7):630–8.
- Beauchemin K.A., Janzen H.H., Little S.M., McAllister T.A., McGinn S.M. (2010). Life cycle assessment of greenhouse gas emissions from beef production in western Canada: a case study. *Agric. Syst.* 103 (2010), 371–379
- Biddle D. (2000). Food activists fight global warming. *Business Magazine*, March/April, p. 19. http://www.jgpress.com/IBArticles/2000/MA_19.htm
- Blonk Agri-footprint BV (2014). Agri-Footprint – part 2 – description of data — version 1.0. Gouda, the Netherlands
- Crosson P., Shalloo L., O'Brien D., Lanigan G.J., Foley P.A., Kenny D.A. (2011). A review of whole farm systems models of greenhouse gas emissions from beef and dairy cattle production systems. *Anim. Feed Sci. Technol.* 166-67
- East A. J. (2008). What is a Carbon Footprint? An Overview of Definitions and Methodologies. Vegetable industry carbon footprint scoping study: Discussion Paper 1. Sydney, Australia, Horticulture Australia Ltd
- FAO (2013). The state of food and agriculture
- Finkbeiner M. (2009). Carbon footprinting: Opportunities and threats. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, Vol. 14, No. 2
- Forte A., Zucaro A., Gionata De Vico, Fierro A. (2016). Carbon footprint of heliculture: A case study from an Italian experimental farm, *Agricultural Systems* 142 99–111

- Gonzalez-García S., Gomez-Fernandez Z., Dias A.C., Feijoo G., Moreira M.T., Arroja L. (2014). Life cycle assessment of broiler chicken production: a Portuguese case study. *J. Clean. Prod.* 74, 125-134
- Graus W., Blomen E. (2008). Global low energy demand scenarios - [R]evolution 2008 Report prepared for Greenpeace International and EREC, PECSNL 073841, Ecofys Netherlands bv, Utrecht
- Halberg N., van der Werf HMG, Basset-Mens C., Dalgaard R., de Boer IJM. (2005) Environmental assessment tools for the evaluation and improvement of European livestock production systems. *Livestock Prod Sci.*, 96(1):33–50
- Hammond G. (2007). "Time to give due weight to the 'carbon footprint' issue". *Nature* 445(7125): 256. <http://dx.doi.org/10.1038/445256b>
- IPCC (1995). *Climate Change 2007: A report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*
- IPCC (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* in: Houghton, J.T., Ding Y. , Griggs D.J., Noguer M., P.J. van der Linden, Dai X. , Maskell K., and Johnson C.A. (Ed.), 2001
- IPCC (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*
- IPCC (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
- IPCC (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Annex II*
- Iribarren, D., Hospido, A., Moreira, M.T., Feijoo, G., 2010. Carbon footprint of canned mussels from a business-to-consumer approach: a starting point for mussel processors and policy makers. *Environ. Sci. Pol.* 13
- Lesschen J.P., Van den Berg, Westhoek H.J., Witzke H.P., Oenema O. (2011). Greenhouse gas emission profiles of European livestock sectors *Anim. Feed Sci. Technol.*, 166–167
- Lindfors L.-G., Christiansen K., Hoffman L., Virtanen Y., Juntilla V., Hanssen O.-J., Rønning A., Ekvall T., Finnveden G. (1995): *Nordic Guidelines on Life-Cycle Assessment*. Copenhagen: Nordic Council of Ministers

- McAllister T.A., Beauchemin K.A., McGinn S.M., Hao X., Robinson P.H. (2011) Greenhouse gases in animal agriculture—Finding a balance between food production and emissions, [Animal Feed Science and Technology Volumes 166–167](#)
- Nijdam D., Rood T., Westhoek H. (2012). The price of protein: review of land use and carbon footprints from life cycle assessments of animal food products and their substitutes. *Food Policy* 37, 760–770
- Oonincx D.G.A.B., de Boer I.J.M., (2012). Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans— a life cycle assessment. *PLoS One* 7 (12), 1–5
- openLCA 1.6, Getting started (2017). GreenDelta GmbH
- Pandey D., Agrawal M., Pandey J. S. (2011). Carbon footprint: Current methods of estimation. *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 178, No. 1–4
- PAS 2050:2012 (2008) Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services
- Peters G. P. (2010). Carbon footprints and embodied carbon at multiple scales. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, Vol. 2, No. 4, pp. 245–50
- SARF (2012). Carbon Footprint of Scottish Suspended Mussels and Intertidal Oysters. Published by the: Scottish Aquaculture Research Forum (SARF); ISBN: 978-1-907266-44-7. Available at: <http://www.sarf.org.uk>
- Sorensen E. (2000). Scientists count carbon in global warming fight. *The Seattle Times*, 13 November. [http:// community.seattletimes.nwsources.com/archive/?date=20001113&slug=4052870](http://community.seattletimes.nwsources.com/archive/?date=20001113&slug=4052870)
- Wiedmann T., Minx J. (2007). A Definition of Carbon Footprint. Durham, UK, ISAUK Research & Consulting
- Wiedmann T., Minx J. (2008). A Definition of 'Carbon Footprint'. In: C. C. Pertsova, *Ecological Economics Research Trends: Chapter 1*, pp. 1-11, Nova Science Publishers, Hauppauge NY, USA. https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=5999
- Zucaro A., Forte A., Gionata De Vico, Fierro A. (2016). Environmental loading of Italian semi-intensive snail farming system evaluated by means of life cycle assessment, *Journal of Cleaner Production* 125 56-67

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Αμπελιώτης Κ. (2002). Η εφαρμογή της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής στη Διαχείριση των Συσκευασιών. Πρακτικά: 1ο Διεθνές Συνέδριο για τη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων της Ελληνικής Εταιρείας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΕΕΔΣΑ), Αθήνα
- Δημητριάδης Χ., (2011). Κλιματική Αλλαγή, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Ελλάδα. Διπλωματική Εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Διακάκη Χ., Γρηγορούδης Β. (2007). Ανάλυση του Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ): Ένα εργαλείο ορθολογικής διαχείρισης των φυσικών πόρων. Σε Αραμπατζής, Γ. και Πολύζος, Σ. (επ.), Φυσικοί Πόροι, Περιβάλλον και Ανάπτυξη, Εκδόσεις Τζιόλα
- Εμμανουηλάκης Ε. (2014). Περιβαλλοντική Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής Εκτροφής Σαλγκαριών στην Ελλάδα, Διπλωματική Εργασία, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο
- Ζουμπούλης Α., Πελέκα Ε., Τριανταφυλλίδης Κ. (2015) Ανάλυση Κύκλου Ζωής, Εκδόσεις Κάλλιπος
- Κοινή Υπουργική Απόφαση 36060/1155 /Ε.103/2013 Καθορισμός πλαισίου κανόνων, μέτρων και διαδικασιών για την ολοκληρωμένη πρόληψη και τον έλεγχο της ρύπανσης του περιβάλλοντος από βιομηχανικές δραστηριότητες, σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της οδηγίας 2010/75/ΕΕ «περί βιομηχανικών εκπομπών (ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχος της ρύπανσης)» του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 24ης Νοεμβρίου 2010 (ΦΕΚ 1450/Β2013)
- Μελάς Δ., Αλεξανδροπούλου Α., Αμοιρίδης Β., Κακαρίδου Μ., Σουλακέλλης Ν., (2000). Ατμοσφαιρική ρύπανση. Υπουργείο Εθνικής Παιδείας & Θρησκευμάτων, Δ/ση Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης. Φορέας: Πανεπιστήμιο Αιγαίου
- Μελάς Δ., (2007). Φυσική Ατμοσφαιρικού Περιβάλλοντος, Δημοσίευτες Ηλεκτρονικές Σημειώσεις, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Φυσικής
- Νόμος 4014/2011 Περιβαλλοντική αδειοδότηση έργων και δραστηριοτήτων, ρύθμιση αυθαιρέτων σε συνάρτηση με δημιουργία περιβαλλοντικού ισοζυγίου και άλλες διατάξεις αρμοδιότητας Υπουργείου Περιβάλλοντος (Φ.Ε.Κ. 209/Α/21-09-2011)
- Νόμος 4056/2012 Ρυθμίσεις για την κτηνοτροφία και τις κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις και άλλες διατάξεις. (Φ.Ε.Κ. 52/Α/12-03-2012)
- Νόμος 4426/2016 Κύρωση της Συμφωνίας των Παρισίων στη Σύμβαση - Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή (Φ.Ε.Κ. 187/Α/06-10-2016)
- Οδηγία 2003/87/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 13ης Οκτωβρίου 2003 σχετικά με τη θέσπιση συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων

εκπομπής αερίων θερμοκηπίου εντός της Κοινότητας και την τροποποίηση της οδηγίας 96/61/EK του Συμβουλίου

Πραματάρη Κ., Κυριακούλας Σ., (2014) Περιβαλλοντικό Αποτύπωμα και Συνεργατικές Πρακτικές: Τάσεις και Οφέλη

Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και τροφίμων (2012). Στατιστικά στοιχεία, Μελέτες, Νομοθεσία. Τμήμα Πτηνοτροφίας, Γουνοφόρων, Κονικλοτροφίας & Λοιπών Αγροτικών Ζώων: Η εκτροφή των σαλιγκαριών στην Ελλάδα. Στοιχεία για τις μονάδες εκτροφής στην Ελλάδα 2012.

Υπουργική Απόφαση ΔΙΠΑ/οικ. 37674/2016 Τροποποίηση και κωδικοποίηση της υπουργικής απόφασης 1958/2012 - Κατάταξη δημοσίων και ιδιωτικών έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες και υποκατηγορίες σύμφωνα με το άρθρο 1 παράγραφος 4 του Ν. 4014/21.9.2011 (ΦΕΚ 209/Α/2011) όπως αυτή έχει τροποποιηθεί και ισχύει (Φ.Ε.Κ. 2471/Β/10-08-2016)

Χατζηγιάννου, Μ., Στάικου, Α., 2015. *Βιολογία και εκτροφή γαστεροπόδων*. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα:Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/5869>

Χατζημπίρος Κ., Παναγιωτίδης Π., Καρακατσάνη Ρ., (2007). Λεξικό Οικολογικών & Περιβαλλοντικών Όρων. Εκδόσεις Σταφυλίδη, Αθήνα

Ηλεκτρονική βιβλιογραφία

EPA, United States Environment Protection Agency: [https://www.epa.gov/ClimateChange/Glossary of Climate Change Terms](https://www.epa.gov/ClimateChange/Glossary%20of%20Climate%20Change%20Terms) (Πρόσβαση: 30-11-2017).

EPA, United States Environment Protection Agency: <https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials> (Πρόσβαση: 30-11-2017).

EPA 2007 URL : <http://www.epa.gov/climatechange/ghgemissions/global.html> (Πρόσβαση: 02-12-2017).

European Commission, 2014 . EU greenhouse gas emissions and targets. URL: http://ec.europa.eu/clima/policies/g-gas/documentation_en.htm (Πρόσβαση: 29-11-2017)

Global Footprint Network. Europe 2005: The Ecological Footprint https://issuu.com/globalfootprintnetwork/docs/europe_2005_ecological_footprint (Πρόσβαση: 25-11-2017)

Greenhouse Gas Protocol (2014): <http://www.ghgprotocol.org/standards> (Πρόσβαση: 30-11-2017)

- ISO 14040, International Organization for Standardization. International Standard (2006). Environmental Management Life Cycle Assessment, Principles and framework <https://www.iso.org/standard/37456.html> (Πρόσβαση: 03-12-2017)
- ISO 14044, International Organization for Standardization. International Standard (2006). Environmental Management Life Cycle Assessment Requirements and Guidelines, Geneva, Switzerland (www.iso.org) (Πρόσβαση: 29-11-2017)
- Society of Environmental Toxicology and Chemistry - SETAC <https://www.setac.org/> (Πρόσβαση: 03-12-2017)
- United Nations (1998) Kyoto Protocol to the United Nations Framework Conventions on Climate Change. URL: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf> (Πρόσβαση: 28-11-2017)
- United Nations Environment Program (UNEP), Society of Environmental Toxicology and Chemistry Europe (SETAC), 2009. Life Cycle Management. URL: <http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/DITx1208xPA-LifeCycleApproach-Howbusinessusesit.pdf> (Πρόσβαση: 30-11-2017)
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (1992) <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf> (Πρόσβαση: 27-11-2017)
- Wikipedia. Carbon footprint https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_footprint (Πρόσβαση: 03-11-2017)
- Wikipedia. Οικολογικό αποτύπωμα https://el.wikipedia.org/wiki/Οικολογικό_αποτύπωμα (Πρόσβαση: 29-11-2017)
- Βικιπαίδεια (2017), Φαινόμενο του θερμοκηπίου: https://el.wikipedia.org/wiki/Φαινόμενο_του_θερμοκηπίου (Πρόσβαση: 25-11-2017)
- Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών. Ινστιτούτο Ερευνών, Περιβάλλοντος & Βιώσιμης Ανάπτυξης http://www.meteo.noa.gr/GR/research_area_03_gr.html (Πρόσβαση 26-11-2017)
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Δράση για το κλίμα: https://ec.europa.eu/clima/index_el (Πρόσβαση: 02-12-2017)
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Γενική Διεύθυνση Γεωργίας & Αγροτικής Ανάπτυξης (2012) https://ec.europa.eu/info/departments/agriculture-and-rural-development_el (Πρόσβαση: 02-12-2017)
- Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (Ε.Ο.Π.) (2017), Κλιματική Αλλαγή: <https://www.eea.europa.eu/el/themes/climate/intro> (Πρόσβαση: 25-11-2017)

Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, Κλιματική Αλλαγή, Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=303> (Πρόσβαση: 05-12-2017)

Φλάμος Α., Μανωλή Δ. (2015) Μέθοδοι ανάλυσης βιώσιμων Παραγωγικών Συστημάτων - Αποτύπωμα Άνθρακα, Πανεπιστήμιο Πειραιώς https://eclass.unipi.gr/modules/document/file.php/BDT139/1.%202%20%CE%91%CE%BD%CE%B8%CF%81%CE%B1%CE%BA%CE%B9%CE%BA%CF%8C%20%CE%91%CF%80%CE%BF%CF%84%CF%8D%CF%80%CF%89%CE%BC%CE%B1_v02.pdf (Πρόσβαση: 02-12-2017)

ABSTRACT

“Carbon footprint of extensive and intensive snail farms”

In recent years, climate change is an issue for humanity. Climate change may be due to natural internal processes or external forcings, or to persistent anthropogenic changes in the composition of the atmosphere or in land use. At national level, greenhouse gas emissions are low in Greece comparing to other countries, but as a member state of the European Union, there are international obligations. The highest share of emissions in Greece concerns power plants (41%), followed by industrial sector (17%) and road transport (14%) (Graus & Blomen, 2008). According to the United Nations Food and Agriculture Organization (FAO) report of 29-11-2006, 18% of the world's greenhouse gas emissions concerns animal husbandry. The growing animal protein demand for human nutrition is expected to increase to 70–80% by 2050 and more environmentally friendly sources of protein are essential.

In this study, carbon footprint (CF) assessment was applied to snail farms in the Thessaly region (extensive - open field and intensive - indoor breeding and fattening in net-covered greenhouse) by quantifying the environmental impact caused by their construction and operation. The life cycle of the two types of snail farming of the species *Cornu aspersum* (*Helix aspersa*) and *Cornu aspersum maximum* (*Helix aspersa maxima*) was reviewed after on-site data and information collection based on “cradle to grave gate” life cycle assessment. Environmental Impact Assessment and Carbon Footprint (CF) calculations were performed using the openLCA software version 1.6 and the (non-baseline) CML (v.4.4, January 2015).

The extensive CF amounted to 0.52728 Kg CO₂eq and the intensive CF amounted to 4.24146 Kg CO₂eq, with the highest share, 79.6% for intensive farm and 98.3% intensive farm, from electricity consuming. The percentage of CF can be decreased by 18%, including possible CO₂ binding from snail shells.

Greenhouse gas emissions data are also presented and CF of animal production (breeding cattle, pigs, poultry, etc.) are compared to the results of this study. In conclusion, snail farming is one of the most environmentally friendly sources of protein (if not the most friendly).

Keywords: carbon footprint,

CO₂eq,

LCA,

Cornu aspersum (Helix aspersa),

Cornu aspersum maximum (Helix aspersa maxima)